LEGO MINDSTORMS EV3
机器人搭建与编程

Build and Program Your Own LEGO MINDSTORMS EV3 Robots

［美］Marziah Karch 著

真帅 田远帆 蒋知睿 刘昊熠 译

何晓旭 审

全彩印刷
简单易学
适合EV3
家庭版和教育版


中国工信出版集团


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

目　录

下载资源
与作译者互动
灵活优惠的购书
纸电图书组合购买
社区里还可以做什么？
提交勘误
写作
会议活动早知道
加入异步
看完了

版权信息

书名：乐高EV3机器人搭建与编程

ISBN：978-7-115-41682-7

- 著　　　　［美］Marziah Karch

  译　　　　真　帅　田远帆　蒋知睿　刘昊熠

  责任编辑　陈冀康

  执行编辑　胡俊英

- 人民邮电出版社出版发行　　北京市丰台区成寿寺路11号

  邮编　100164　电子邮件　315@ptpress.com.cn

  网址　http://www.ptpress.com.cn

- 读者服务热线：(010)81055410

  反盗版热线：(010)81055315

版权声明

内容提要

EV3是LEGO公司开发的第三代MINDSTORMS机器人，它无需计算机也可实现编程，远远超出了人们对传统玩具的期待，成为少儿和成人皆宜的高级创意玩具。

本书介绍了EV3机器人相关的搭建与编程知识，包含12章和一个附录。本书从EV3的开箱、配件介绍开始，介绍了EV3与NXT的不同、机器人的搭建、机器人的改造，并为EV3编写巡线程序、地板清洁程序、扑克魔术程序等，同时还从菊链项目和扩展玩法等多个方面介绍EV3的强大功能。附录部分还对EV3中涉及的各类名词给出详细的解释。

本书为全彩印刷，内容丰富且易学易会。书中所介绍的知识非常适合中小学生课外拓展学习，也适合对LEGO产品感兴趣的读者参考阅读。

译者序

2016年4月，在中国上海将有一个专为少儿和亲子开放的乐高室内游乐园开园，这一消息迅速被国内各大媒体传播开来。那么，乐高是一个做游乐园的公司么？显然不是。乐高公司始创于丹麦，80余年的发展历史使它成为了全球十大玩具品牌之一。他们的产品既有易于6岁以下儿童抓握和组装的得宝积木，也有适合7岁以上儿童的以各种主题为卖点的标准积木。除此之外，各种可以通过齿轮、杠杆、滑轮等零件组装而成的复杂机器人，也深受10岁以上青少年的喜爱，并且激发了他们学习物理、结构、力学的兴趣。

但即使是乐高这样一个全球十强的玩具公司，也曾有面临危机的时候。 1998年，乐高集团自锁积木的专利已到期，大量兼容乐高的积木品牌纷纷出现，长期保持的垄断地位很快就要被打破。于是在2004年，正努力改善公司产品的乐高邀请了世界上最有创意的一群玩家，依托于他们的天赋，乐高公司开发出了盈利空间很大的头脑风暴机器人套装产品—MINDSTORMS NXT。由此乐高进入了机器人时代。

而本书所介绍的，正是NXT的下一个版本EV3。 MINDSTORMS EV3是2013年乐高公司开发的第三代头脑风暴机器人。它不同于标准积木的情景搭建，也不同于科技系列的简单化遥控，可以通过对其编程让积木动起来。 EV3在外观和性能上都远超NXT，它依靠其友好的编程环境、简单的编程方式、快捷的机器人搭建、灵敏的传感器以及动力十足的伺服电机等诸多优势，遍布全球各大高校。乐高逐渐在教育界崭露头角。

当然，在中国购买EV3的多数还是乐高机构，自从2010年与中国教育部签订“技术创新人才培养计划”合作协议后，大大小小的机器人教育机构如雨后春笋般出现在各大城市。新颖的机器人教育也开启了教育理念的新篇章。机器人教育不同于传统教育，以乐高为首的机器人教育可根据不同年龄段的特点设计课程，学科内容包括科学、技术、数学、设计、社会学等，既适用于课堂教学，也可以作为课外活动和技能培训的内容。通过4C联系、建构、反思、延续使每个孩子都能获得成功。另外，乐高的FLL、 FTC赛事在中国都具有非常大的影响力，在一些高校或重点中学的自主招生中都能看到相关政策。

机器人教育在中国的热度逐步升高，可见这是一个非常有生机的领域。当然，作为一名从事乐高机器人培训的老师而言，我也看到了一些发展过程中暴露出的问题。目前的机器人教育仍缺乏足够的师资，同时乐高机器人教师的素质也参差不齐，种种客观因素制约了该领域的发展。在EV3发布之后，这种情况更加显现。在了解了这个问题后，我开始在网络上发布一些关于EV3的指导视频，例如《从零开始学乐高》系列视频、《十万个EV3》系列视频等，这些视频都备受关注。最近，随着对EV3的了解越来越深入，我也准备再次发布一系列关于EV3的指导视频，希望能够帮助更多的机器人教育从业者和乐高机器人爱好者。当然，也正是出于对机器人教育的热爱，我毫不犹豫地接下了本书的审阅工作。

这本书围绕家庭版和教育版的乐高MINDSTORMS EV3进行讲解，从零开始由浅入深地为读者介绍了众多知识。既帮助从未接触过乐高产品的用户了解了乐高家族各个系列的产品，又对比了乐高MINDSTORMS EV3与上一代产品MINDSTORMS NXT的区别。书中的每一章都根据乐高官方提供的搭建方案进行讲解，帮助读者完成家庭版MINDSTORMS EV3或教育版MINDSTORMS EV3的搭建、编程及改造。本书涵盖了众多非常酷炫的机器人搭建方案，例如地板清洁机器人、可分辨扑克牌颜色的机器人等。书的最后还介绍了更多高级的编程方式以及MINDSTORMS EV3的扩展玩法。

审完整本书，我有很深的感触。书如其名，这本书很实在，用现在流行的话语来讲，就是干货多。但也同样是因为干货多，在过去一年中我们对这本书进行了无数次的讨论和修正。无数个夜晚，我和团队的成员们共同努力着。临近本书出版之际，我想借此机会感谢为本书的出版而辛勤付出的每一个人，感谢真帅、田远帆、蒋知睿和刘昊熠，正是因为我们每个人“不抛弃、不放弃”的精神，才将本书的翻译事宜圆满完成。感谢人民邮电出版社的工作人员，是你们不厌其烦的指导和鼓励，才让我们不断地改进内容，也在这个过程中发现了自己的潜力。这本书的出版见证了我们每个人的成长。最后，还要感谢未来可能读到本书的每一位读者，希望你们能够喜欢这本书，也能够与我交流一些你们发现的问题和疑惑。

最后，随着加入乐高教育这个大家庭的人越来越多，相信在不远的未来每一个城市都能看到非常多的乐高活动中心。我将用自己的专业和专注来帮助更多的孩子实现“做中学，玩中学”。

——何晓旭

前言

如果你正在寻找不需要焊接电线或学习高深的编程语言就能够一窥机器人奥妙的方法，那么LEGO MINDSTORMS EV3正是你要找的。你可以通过LEGO连接部件和图形界面来搭建机器人并为其编程。当你准备好接受新挑战的时候，你还可以破解操作系统并使用更高级的编程语言，如Java。你还可以把几个EV3机器人连接起来，让它们具有更强的计算能力或者让它们互相之间实现无线通信。

当你准备好分享你的项目时，第一LEGO机器人联赛（First LEGO Robotics Leagues）、 LEGO 机器人俱乐部以及LEGO 机器人主题营都是不错的平台。即使你是青少年或成年人，也可以尽情地与LEGO机器人为伴。我就曾经在得克萨斯州的奥斯汀举办的SXSW互动节上，在一个谷歌赞助的展台帮忙搭建了机器人。其中的比赛甚至包括破解一款安卓手机的应用，使它可以作为机器人的遥控器。参加比赛的没有一个是青少年，然而大家都兴奋得像糖果店里的孩子。

EV3是一款对各年龄段都适用的理想套装，不仅因为它是一款做工扎实的玩具，含有学习搭建所需的一切，更因为你不需要被既有的东西所限制。 Cubestormer 3是魔方世界纪录保持者，它主要由EV3部件和一部三星Galaxy S4手机打造而成。一位12岁的创意少年用EV3搭建了廉价盲文打印机的原型。更多详情请参见第12章。

EV3已经远远超出了人们对传统玩具的期待。它所提供的创意玩法，可以让你有机会去解决问题，进行工程设计和搭建，并且寓教于乐。

本书旨在给你作入门指导。书中的所有项目都适合各年龄段的新玩家，无论是在教室集体操作还是独立搭建。本书尽可能地既告诉大家操作步骤，又解释这样做的原因。仔细阅读本书， 拆解项目，并改善它们。努力去做，别再抱怨说，你的地板清洁机器人不能发邮件告诉你地板已经清理完毕，或者不能爬楼梯。

失败是成功之母，在失败中能学到更多。在阅读本书的时候，你可能偶尔会遇到某些项目在第一次尝试的时候无法工作。这其中大部分都

是故意安排的，不过别担心，我会解释清楚哪里出错了以及如何修正错误。这是学习的一部分，当你从头到尾学习过之后，你会成为一个更好的搭建者。

EV3现在有两个版本正在发售。从玩具店买到的多半是EV3家庭版，而那些从第一LEGO机器人联赛或者学校订购的则更可能是LEGO教育版。不过别担心，本书已将两个版本都涵盖在内。

本书内容

第**1**章**“**盒子里有什么**”**：这一章介绍了EV3家庭版所包含的部件和零配件，包括内含的传感器、电机以及测试轨道等。

第**2**章**“LEGO**教育版盒子里有什么**”**：这一章介绍了EV3教育版套装所包含的部件和零配件。即使你没有这个套装，也可以单独购买很多部件，所以这个整体介绍可能会给你一些新的启发。

第**3**章**“**比较**EV3**和**NXT”**：如果你玩过老版本的LEGO MINDSTORMS，你可能想知道EV3有哪些不同和改进。

第**4**章**“**搭建第一个机器人**”**：这一章介绍了LEGO提供的演示机器人，并提供了一些你在搭建的时候应该注意的小提示。

第**5**章**“**搭建**LEGO**教育版机器人**”**：这一章介绍了LEGO教育版的演示机型，并指导大家从自平衡机器人到陀螺工厂的各种机器人的搭建。

第**6**章**“**改造成品**”**：当你开始搭建之后，就没有必要再“重新发明轮子”。充分利用你从演示机器人中学到的东西来做点儿新东西吧。

第**7**章**“**编写第一个**EV3**程序**”**：这一章将利用在第6章搭建的机器人教你如何编写第一段程序。本章同时也展示了如何用不同的方式来编写相同的程序。

第**8**章**“**更多的机器人编程：巡线机器人**”**：这一章更加深入地介绍了编程相关的内容。你将学到变量和流程图的相关知识，希望这些知识能帮助你像程序员那样思考。

第**9**章**“**地板清洁机器人**”**：在本章中，你将学习如何打造一款自适应的机器人，它在为你清洁地板的时候可以自主导航和避免碰撞。

第**10**章**“**神奇的彩色扑克魔术**”**：与搭建车辆不同，这一章的重点在于让机器人能够通过颜色识别纸牌并做出相应操作的复杂的工程设计工作。

第**11**章**“**菊链项目**”**：在这一章中，你要把两个EV3机器人连接起来并看它们是如何通信的。你还将探索EV3机器人之间的无线连接。

第**12**章**“**扩展玩法**”**：本章将探索如何安装leJOS——一个支持Java编程的第三方操作系统。你还将看到机器人科技俱乐部、机器人装饰以及其他品牌玩具中与EV3兼容的部件。

附录“名词解释”：附录是对本书中经常出现的一些名词所做的解释。

如何使用本书

纵览本书，你会发现有许多“注意”和“提示”。

> **提示**
>
> 提示是一些很有用的信息，能帮助你避免问题或者提高效率。

> **注意**
>
> 注意是一些关于相关主题的额外信息。它们可能会标注出一些很棒的未来值得学习的地方。

第1章 盒子里有什么

你知道LEGO推出了一款可编程的机器人吗？当然，这就是你购买这本书的原因。 EV3是LEGO MINDSTORMS系列的第三代。相比NXT 2.0，这个版本有更智能的处理器、新的传感器和新的组件。除此之外，它还具备更多你喜欢的东西。在第4章中，我们会展示几个机器人案例，让你能快速掌握EV3家庭版，并搭建出一个属于自己的机器人。那么，现在让我们先来看看盒子里有些什么东西。

图1.1展示了EV3家庭版的包装盒，除了家庭版还有一款EV3教育版。在第2章中，我将会介绍有关包装盒的更多细节。 LEGO EV3教育版和EV3家庭版使用相同的主机和搭建技巧，只是在零件上有一些差别。



图1.1　LEGO MINDSTORMS EV3家庭版盒子里包括了搭建各种机器人所需的所有零件

注意

> 在你打开盒子之前，一定要仔细思考在哪里安置这些零件。在本章中，我觉得用一种透明而且可以重复封口的塑料袋将会是不错的选择。另外， EV3家庭版的其他配件还需要6个5号电池和3个7号电池。

1.1　打开MINDSTORMS EV3包装盒

请你从侧面打开LEGO MINDSTORMS EV3包装盒，取出里面的东西。但是，一定要小心，别高兴过头以至于破坏了盒子。这个盒子对EV3非常重要，因为这个盒子里面实际上是一个有测试路线的场地。你要沿着背面那条黑色的虚线小心地剪开盒子，即可生成测试场地，如图1.2所示。



图1.2　按照演示的方式剪开盒子

剪掉所有密封着EV3纸盒的胶带后，你就可以打开包装来展示自己漂亮的新测试场地，如图1.3所示。

现在你已经完整地打开测试场地，可以取出零件了。虽然你的EV3盒子是一个很好的容器，但是这个盒子没有足够的空间来放置种类众多的零件。不过，你大可放心。当你取出所有零件后，会看到几个袋子、一本小册子和一些贴纸，如图1.4所示。你可以用这些袋子来收纳零件或是已搭建好的模型。这样你就不必为EV3家庭版的盒子没有足够空间来放置搭建好的模型而烦恼了。



图1.3　展开测试场地



图1.4　EV3包装盒中装在袋子里的零件

在你撕开这些袋子取出零件之前，建议你找一个塑料材质的、干净的、易开启的容器来放置零件，如图1.5所示。

五金店也有各种用来放置小零件的容器，与MINDSTORMS零件容器一起使用效果更佳。你可能需要两套存储系统：一个用来放小零件，另一个用来放置拼装好的模型。拼装好的模型需要更大的空间，你需要至少一个牛奶箱大小的空间来放置这些模型。可能要读到第4章的内容你才能知道多大的容器适合装拼装好的模型。



图1.5　这是一个推荐的零件存放方法，它利用了透明的塑料袋和大的塑料箱

将零件分类

没有最完美的方式把LEGO零件分类存放到袋子或盒子里。初期通过尺寸、颜色和类型来分类是个不错的想法。我找到了一个我认为最好的分类方法，就是将所有直梁放入同一个袋子或隔间中，不区分颜色，但销要按颜色分类。弯曲的梁很难分类，使用时也很难取出，所以我根据尺寸和形状来对它们分类。

如果你不知道我所说的“梁”和“销”是什么，不用担心，我会在本章带你认识所有的零件。

当你使用套装时，你就会发现最适合自己的分类风格。你只需要确保有很多的袋子和坚固的盒子来放置分类后的零件即可。如果你没有好的分类系统就开始玩EV3的话，会很容易丢失零件。

说起这些零件，你马上会发现这些零件不像传统的LEGO零件。这是因为EV3的零件是LEGO科技系列的零件，它使用环环相扣的销和齿轮来实现更强大、更复杂的搭建。

1.2 LEGO系列产品

如果你从小玩LEGO积木，就会发现MINDSTORMS的零件和传统的零件有很大不同。这两种零件类型大多不兼容。为了理解为什么普通LEGO和EV3无法轻松地结合在一起，你需要了解关于LEGO家族的更多知识。

1.2.1 LEGO得宝积木

LEGO得宝积木零件是针对6岁以下难以将小零件正确地扣合和拼装的幼儿设计的。得宝积木易于抓握和组装，你可以用LEGO标准搭建板来放置得宝建筑。但是，由于得宝积木的零件尺寸很大，因此它与其他LEGO零件不大兼容。

1.2.2 LEGO标准积木

7岁以上儿童的兴趣从得宝积木转移到了LEGO标准积木。在LEGO市场，因为这些积木都有一定的年龄范围，所以套装最开始先使用简单的搭建手册来指导简单玩具的搭建，之后就演变成了复杂的有多本搭建手册的大型套装玩具。 LEGO标准积木就是听到别人提到“LEGO”一词时多数人会想到的那种积木。

LEGO标准积木有着各种各样的主题，可以搭建任何事物，从超级英雄到城市景观，也有专为女孩打造的LEGO朋友积木系列。所有这些不同主题的零件都是相互兼容的。你可以使用波巴菲特的星际飞船的零件来搭建霍比特人的家园，甚至装饰LEGO朋友积木的花卉。

1.2.3 LEGO科技积木

LEGO科技积木零件是为大于10岁的孩子设计的，它通过销、齿轮、滑轮和梁来组装模型，强调运动和力学。有些LEGO科技积木零件使用了电机和遥控器，即使是需要最多零件的组装方案，可能也不会使用任何标准零件。

这就是LEGO MINDSTORMS系列的零件类型。虽然技术上LEGO科技积木和MINDSTORMS是两个独立的类型，但是它们通常都是兼容

的，并且使用同样的搭建方法用销和齿轮来搭建，不使用圆砖。如果你要扩展EV3，并且需要额外的气动力或拖拉机车轮，可以购买LEGO科技积木系列，此时你会发现它们大部分都兼容。有时你也会在标准零件类型里面找到一些LEGO科技积木零件。

在LEGO科技积木里，你会发现一些圆砖，但是它们大多是给卡车上的灯之类作装饰用的东西。如果不使用圆砖的话，组装会更加容易且更加强大和灵活。但是，你需要为搭建的结构做更多的筹划。

1.3　LEGO单位

LEGO家族的零件有一种独特的测量方法。你需要注意零件标有长度，比如“3”。LEGO搭建手册一般会避免使用文字叙述，这种做法使得套装可以更加轻松地在国际范围内通用。但是，当你只看到尺寸标有“3”的图片时，就会无法做出选择，甚至感到沮丧。“3”究竟代表什么？

由于LEGO是一家丹麦企业，所以你可能会认为这里的单位是公制单位，但实际上不是这样的。图1.6展示了使用公制软尺来测量基本的轮轴（简称轴）。最右边轴的尺寸是3M。

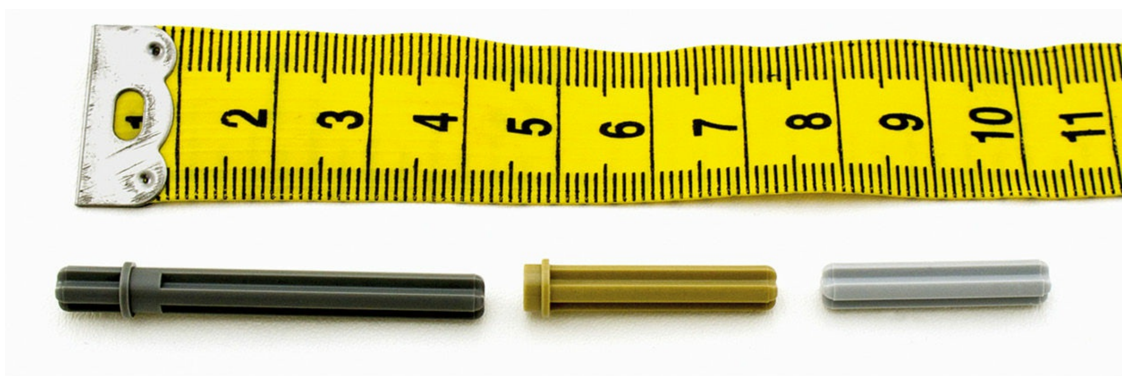


图1.6　你可以看到LEGO没有采用公制单位

测量结果不太符合任何公制单位，所以长度为3M的轴不是3米、3厘米或3毫米长。事实上，它比2厘米长一点点。长度为3的轴和长度为3的梁一样长，如图1.7所示。



图1.7　LEGO科技积木零件的最佳测量方式是采用梁的长度

LEGO单位使用自己的零件测量长度，不需要尺子。单位M是1个LEGO科技积木梁孔的尺寸。梁的测量使用同样的宽度和深度，沿着梁的孔的分布间隔也是相同的。尺寸为6M的梁上面就有6个孔。所有你想要测量的轴的大小都和梁的尺寸相同。然而，套装中的搭建手册在你搭建时仍然会展示1 : 1的图例。

接下来，让我们开始探索EV3套装中最常见的LEGO零件。

1.3.1　梁

梁和销是最常见的LEGO科技积木零件。作为刚刚讨论过的对象，梁是EV3零件中最基本的测量单位。图1.8展示了基本的长梁。 EV3家庭版有4根长度为15M的梁、 4根长度为13M的梁、 4根红色的长度为11M的梁以及8根长度为9M的梁。如果你对梁的尺寸有疑问，只需要数一数销孔的数量即可。

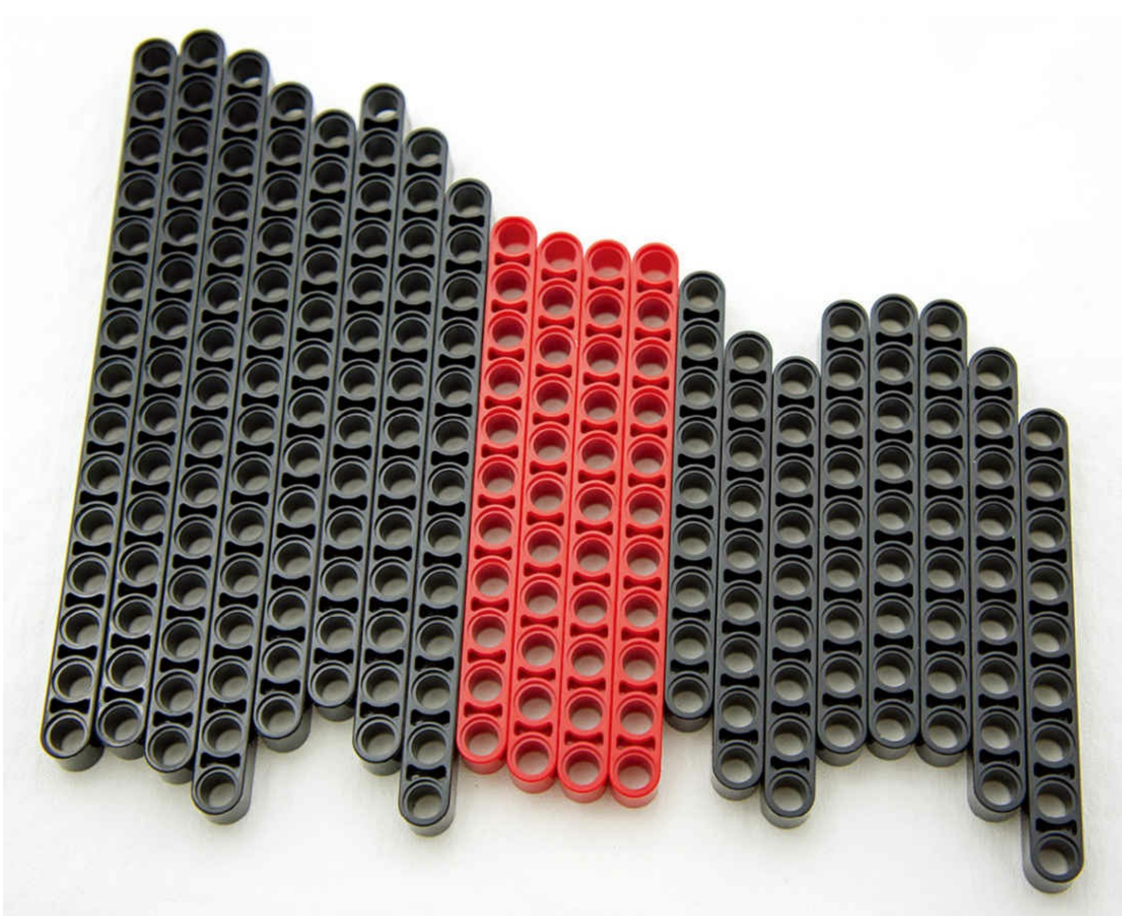


图1.8　各种各样红色或黑色的横梁

梁的长度从15孔到3孔不等， EV3家庭版提供12个3孔梁、10个5孔梁和6个7孔梁。图1.9展示了一个3孔横梁。

你一定想把各种从长到短的梁分别安置到整理箱里，不过我找到了最重要的方法来把直梁和弯梁（备注：两种带角的梁）妥当地分开。稍后我会在下文讲解。



图1.9　直梁

1.3.2　带角度的梁

EV3里的梁不都是直的，还有带角度的。图1.10展示了这种像雪橇的梁，但是实际上它们被称为“双弯梁”。

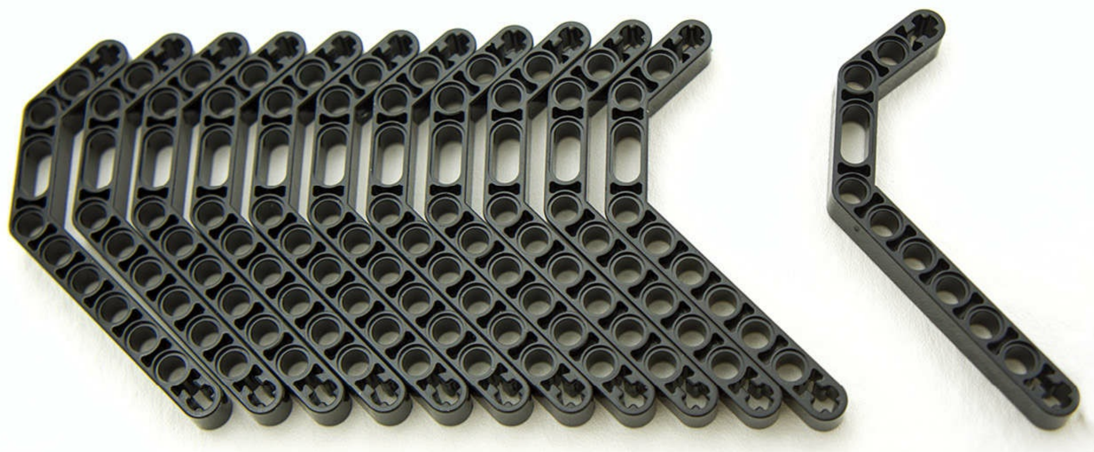


图1.10　注意两个135度的角和在同一侧的长臂

接下来你会发现，在每一个这种梁的末端都有一个十字形的孔，那是提供给各种十字轴的。我现在先不介绍“十字轴”，稍后我会详细地介绍它。就目前而言，我觉得最重要的是你要知道，可以用轴去连接这种梁以完成你的设计，当设计需要一定角度的时候，就可以利用这种梁解决问题。

EV3家庭版有12个这种特殊的梁臂，所以在你的设计中，一定会在大量使用它们的时候感到无比轻松。

EV3同样提供12个只有一个135度角的单弯曲横梁，如图1.11所示。如果我是你的话，我肯定会把单弯曲和双弯曲的横梁分开来放。这是因为这种带角度的梁臂往往会钩住其他的零件，如果这样的话，想把它们拿出来就会比较难。



图1.11　这种梁臂只有一个135度角

套装还提供4个略小的带135度角的梁臂，以及一大一小两种带90度角的梁臂各提供6个和8个，甚至还有4个T字形的梁臂（如图1.12所示）！这下你可是有足够强壮且形式多样的梁臂了，它们在拼一些胳膊、腿或者其他需要力量来支撑的结构时会很有帮助。



图1.12　两种其他类型的角梁

1.3.3　框架梁

图1.13展示了一种其他类型的梁——长方形框架梁。它有两种类型：一种是长方形的，但长边的两端会延伸超过宽边的边缘，而另一种是标准的长方形。这种梁非常重要，因为它们使你可以不通过弯曲来搭建稳定的结构，而且改变了连接孔的角度，所以你可以使用这些梁（每种各有两个）在6个不同的面上连接别的梁。



图1.13　使用框架梁来从不同方向连接其他梁

1.3.4　销

怎么连接所有的这些梁？当然是用销。销是多功能的连接器，因为它们圆的形状意味着移动。使用一个销来连接两根梁，然后梁可以通过销来绕某个轴旋转。将两个销插入两个不同的位置，就可以让两根梁保持稳定。

常见的黑色的销可以轻松地插入孔中，图1.14展示了这种黑色的销。 EV3套装包括了95个黑色的销。黑色的销从中间分开，在两边分别有一个梁的宽度，所以如果你使用一个黑色的销来将两根梁连接在一起，它们将会齐平，并且拥有轻微的间隙。因此，它们会在自由运动中产生一些摩擦，但关节仍然是可动的，只是不如灰色的销那么自如。

我建议把这种黑色的销单独放在一个地方，因为你会经常使用它们连接零件。如果刚开始时就单独放置，你就不用再考虑到哪里寻找它们了。



图1.14　黑色的销可以把两根梁固定在一起

除了这包黑色的销以外， EV3里还有一个包是用来装各种颜色的销的，包括绝缘的销，图1.15中展示的就是这些销。我们就先来说说这些比较特殊的销吧。第一种销是灰色的，也是单独的（看起来跟黑色的销比较相似），这种灰色的销连接梁臂不像黑色的销那么紧、那么牢固，它连接得比较灵活，所以一般被用在需要活动的连接处。

你会看到10个红色的且一端稍长的销和4个米黄色的其中一端相当于两个梁长度的销。这些销对于加长距离和连接梁都非常有用。如果你不喜欢米黄色，还可以选用其他38个同样类型的蓝色的销。

图1.15中所示的并不都是严格意义上的销，盒子中还有28个蓝色的半长销和半轴以及12个红色的轴，这些都将在下文作介绍。

最后，图1.16所示的是双长度的销，它们中的一部分还有轮轴连接器和交叉块。这些零件的名字都类似于“模块连接器”和“交叉块”，这些交叉块都非常有助于结构之间连接的稳定。



图1.15　各种销、轴和轴销



图1.16　模块连接器和交叉块

1.3.5　轴

图1.17展示了你能在EV3家庭版中找到的各种各样的轴。它能将零件连接起来，但它同销和横梁不一样，因为单个轴连接的两个零件是无法移动的。轴的重要特性包括它的长度和挡块的位置。



图1.17　轴具有多样的尺寸

如果轴没有挡块，那么连接起来的零件将有可能滑下来。这时你就需要用其他的零件来加固连接或者在末尾加上一个轴套。

提示

有时候较小的轴可能会卡在其他零件里，你可以使用另一根轴将它捅出来。当然，尺寸适合的螺丝刀也可以解决这个问题。

1.3.6　轴套

轴套是放在轴末尾的连接件，它被用来固定轴。你会有11个黄色的半轴套和9个红色的全轴套（如图1.18所示）。你可以使用半轴套从尾部固定轴，然后使用全轴套来固定或者将两个轴连接在一起。但为了更好地连接，你应该使用轮轴连器（简称轴连器）。



图1.18　这些轴套和半轴套可以套在轴上

1.3.7　轴连器

如图1.19所示，你可以用轴连器按照设想把两根轴连接在一起。如果你觉

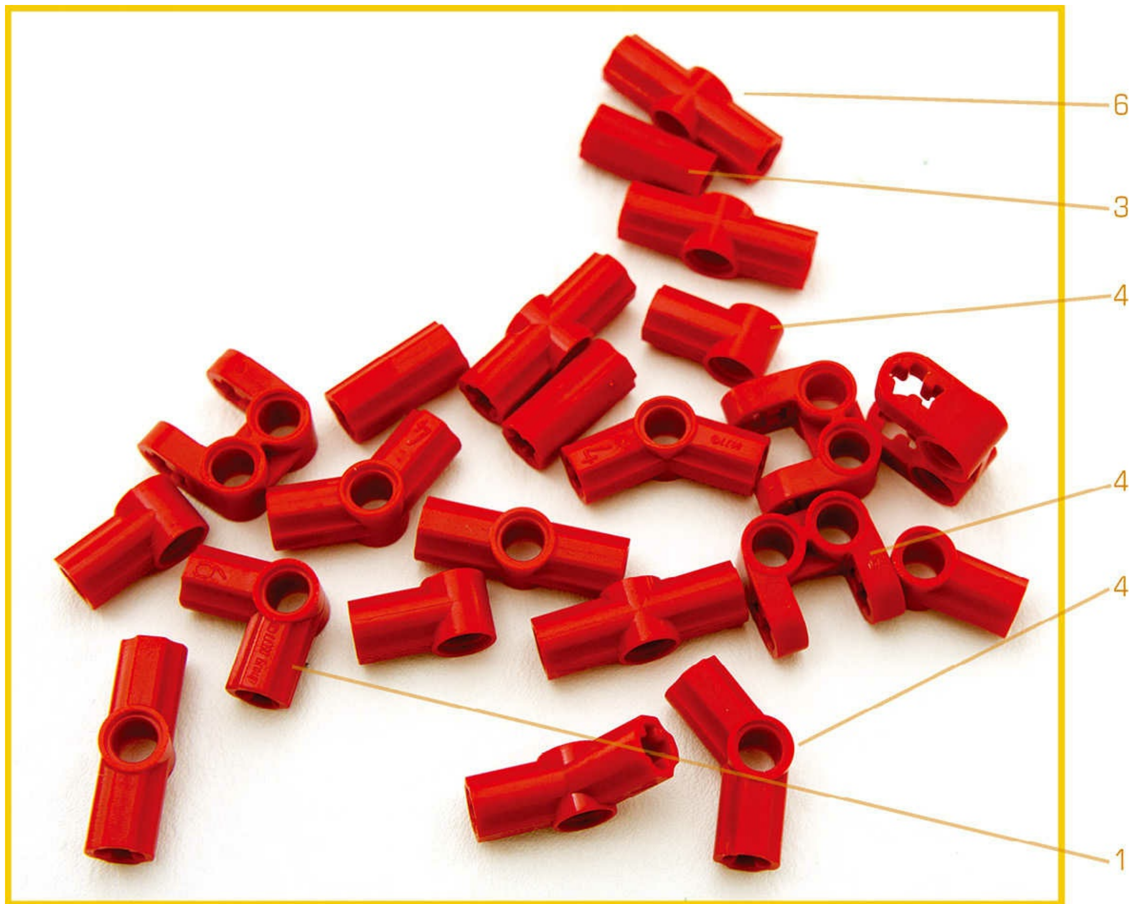


图1.19　使用红色转角零件来连接轴（图中的数字代表了每种零件的个数）

得一根轴不够长，那么你可以用轴连器把两根轴连接在一起当作一根长轴使用。你也可以用另一种轴连器，使两根轴形成一个45度角的弯曲，或者把销加在轴连器上用来连接横梁。这样的零件也被称为“角元件”。

除了销、梁、轴和轴套，工具箱中还有额外的部件来连接这些组件。图1.20展示了一个正交连接器。它使销与轴能够垂直连接。图1.21展示了轴套、梁和销的更多变化。



图1.20　这些部件也被叫作交叉块



图1.21　这些灰色的零件可以用于转向或是杠杆的制作

1.3.8　球窝接头

如图1.22所示，球窝接头的作用是为了能够装入托座和自由旋转。你可以想象一下，它类似骨骼中连接肩膀或是臀部的关节部位，它们可以让胳膊和腿实现大范围的转动。再举一个例子，它就像拖车上用来拖动车辆的连接器。当你需要活动的带圆孔的横梁时，就可以使用球窝接头。 EV3套装中的球窝接头，一般都与销或轴连器配合使用。



图1.22　球窝接头有两种，下半部分分别为销和轴

图1.23展示了球窝接头能够与转向连杆连接。由于转向连杆在两端各有一个圆形的连接口，因此你能将球窝接头放在任意一端来接上拖车或其他组件。



图1.23　两种不同规格的转向连杆

1.3.9　齿轮

现在你已经在LEGO科技积木系列工具箱里看见了一些基础的连接器，再来看看这些能够给你的工程增加一些杠杆和动力的组件。

图1.24展示了能在LEGO EV3套装中找到的各式各样的齿轮，其中包括四点齿轮和拥有不同规格的锯齿的圆形齿轮。注意齿轮的中心，你可以将销或轴插在它们的中心来做成一个曲柄。



图1.24　EV3套装里所配的各种类型的齿轮

如图1.25所示，你可以使用蜗杆传动另一个齿轮。这种蜗杆尤其对制作曲轴和升降装置有很大帮助，它也可以用来制作机械臂或桥梁。

图1.26展示了工具箱中的两个凸轮，你可以使用它们来使物体做活塞运动。

EV3套装中有各式各样的轮毂与轮胎，如图1.27所示。你可以根据需要选择是使用单独的轮毂还是和轮胎搭配使用。事实上，你也可以考虑用履带来替换轮胎，当然这取决于你想要做什么样的机器人。



图1.25　这个名字古怪的蜗杆用于制造曲柄



图1.26　凸轮有着多样的轴插槽

EV3套装中的履带（如图1.28所示）在零售的EV3家庭版中显得非常独特。而EV3教育版套装则采用了另外一种方式，它使用了一种十分坚硬的塑料的连锁相扣式的零件来替代家庭版中的橡胶履带。不可否认的是，教育版中的这种履带十分坚硬且可以随意改变大小。虽然你的家庭版套装中配有两个履带，但是它们也有一个缺陷，就是不能任意变大或变小以供交替使用。



图1.27　EV3套装提供多种类型的轮子



图1.28　EV3家庭版中提供橡胶履带

除了轮胎和履带，还有一个红色的皮筋。它放在一个白色的纸盒里，如图1.29所示。如果你是一位LEGO迷，就会发现它很像包装LEGO迷你人物使用的迷你披肩。盒子可以丢弃，但要把皮筋留下来。它在零件或齿轮之间像一个胎面或者可以作为绷紧装置使用。

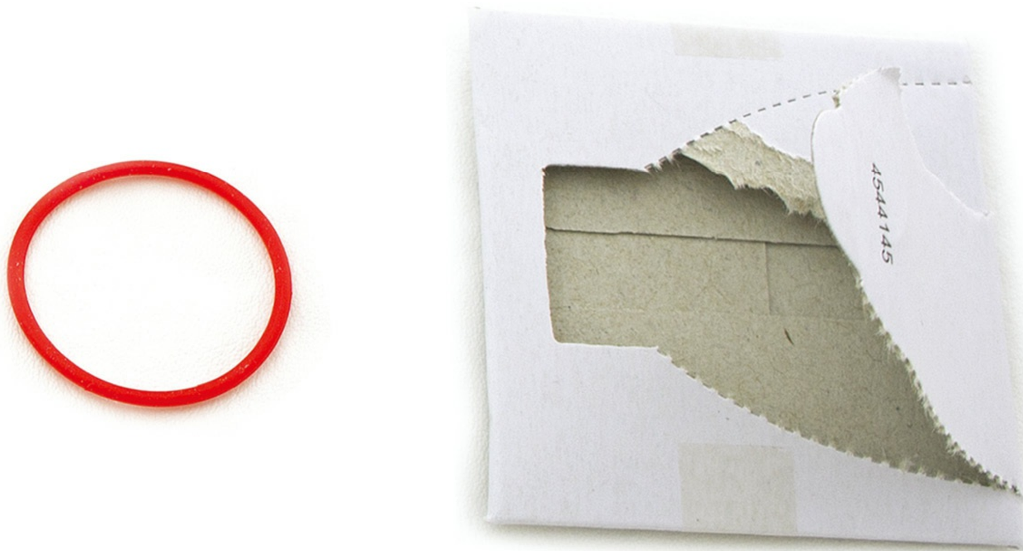


图1.29　打开这个包装后，里面有一个红色的皮筋

EV3家庭版套装中还配有跟球相关的一套装置，如图1.30所示。它们分别是3个红色的小球、一个球托以及一个球夹持器。这部分和球有关的装置是EV3家庭版套装中所特有的，而且这些零件与NXT robotics套装的零件不太一样，它们有着细微的差别。



图1.30　球、发射器以及球托

这些小球实际上是用于发射或是进行打靶练习的。它们通常先被放

置在球托中，然后进入到“发射器”，一个一个发射出去。举个例子，你可以看一看第4章中所提到的那个模型。

1.4　特殊的部件

一些EV3零件不是用于结构搭建的，而是用作装饰品或是特殊零件——但并不是说这些零件对机器人的结构不重要。这些零件包括翼形部件、“剑”和“尖刺”，可以使你的机器人更加丰富多彩。

1.4.1　翼形部件

图1.31展示了EV3家庭版套装中两种不同大小的翼形部件，它们给你提供了粘贴EV3装饰贴纸的地方。套装提供了3对3×7个单位的小翼形部件和3对3×11个单位的大翼形部件（每个尺寸有6个翼形部件）。翼形部件的底部和侧面有横梁接口，它们可以支撑一些重量，尽管在大多数情况下它们只是用作鱼鳍、翅膀或者小狗的耳朵。 LEGO官方称这些部件为弯梁。

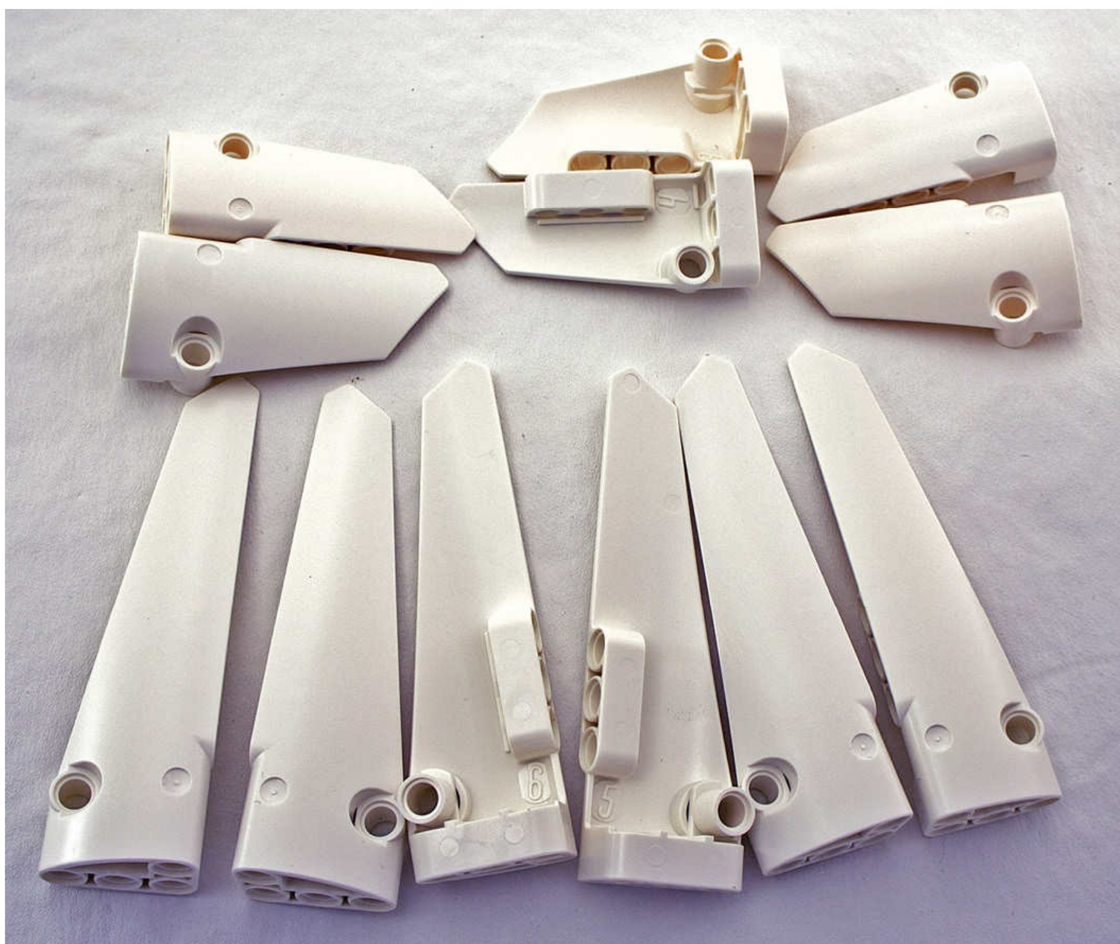


图1.31　翼形部件（或弯梁）

图1.32展示了翼形部件的两个同类型零件，你可以使用它们搭建很多东西，比如作为坦克的边缘或结合起来制作一个机器人的面部外形。这两个角件也可以贴上EV3贴纸。

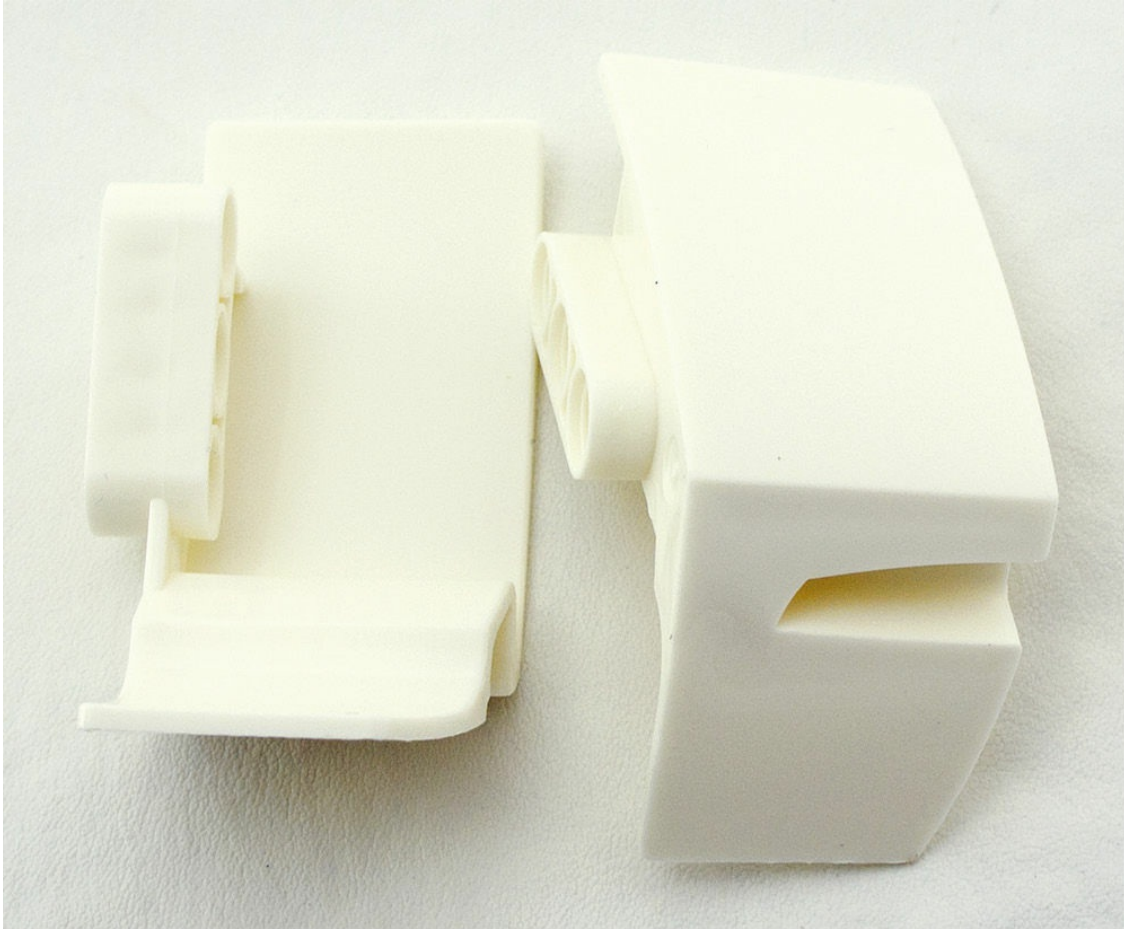


图1.32　这些部分也被叫作汽车零件

1.4.2　长钉

图1.33展示了长钉（也叫指针）。这种零件不是LEGO EV3教育版的核心组成部分，



图1.33　它们被称为长钉、指针或生化牙齿

但是对于家庭版的玩家来说，如果他们正想拼一个新的机器人，那么他们一定会为这种零件的存在感到激动不已！EV3家庭版套装提供了4个白色的长钉和6个红色的长钉，它们有时还被叫作“生化牙齿”。

1.4.3　其他的装饰零件

图1.34展示了家庭版中的6个零件，我认为这些零件像剑。它们还可以作为昆虫的腿或棘，但是这些零件大多是装饰性的，并在末端带有一个轮轴接口。



图1.34　EV3家庭版套装中特有的“剑”

EV3套装中同样有形似蝙蝠翼的零件（如图1.35所示），这些零件对完成机器人后期的装饰非常有用。 LEGO公司把它们叫作“刀片”。它们约有半个直梁那么长，而且可以无障碍地转动。在EV3家庭版的第一个指导模型中，该零件被用作双刃搅拌机工具。



图1.35　它们可以作为蝙蝠翼或刀片

1.5　主控器和电池

到目前为止，我们讨论的主题还主要集中在各类不同的零件上，你可以使用它们作为机器人的基础部分。但更重要的是那些使机器人活动的零件，如能使机器人移动的电机。现在让我们来认识那些重要的部件。

1.5.1　EV3智能砖

图1.36展示了EV3智能砖，它是机器人的大脑。它是套装中最重的部分，因为它内部充满了电池和运算元件，这使得它能够思考并为其他零件供电。你可以下载所有的项目，甚至可以直接在智能砖上编写程序。

不知你是否注意到， EV3智能砖的一端是编号为1～4的水晶头插口，另一端是编号为A～D的水晶头插口。这些插口就是用来连接传感器和电机的地方，它们通过智能砖为电机和传感器供电。在EV3智能砖的底部和侧面，有一些可以插销子的小孔，这是用来连接套装中的梁臂的。这里占用你一些时间，检查一下你的智能砖是否有电。



图1.36　每个EV3机器人的大脑

你可以把EV3智能砖翻过来，打开它的后盖，放入6节5号电池（如图1.37所示）。

注意

在使用EV3的过程中，可能会耗费很多电池，这取决于你使用它的频率。这样的话，选择可充电电池或许是个不错的主意。然而，很多MINDSTORMS爱好者注意到，当使用充电电池时，可能因为这些电池需要越来越频繁地充电而导致机器人的动作变得迟缓。如果你带着机器人去参加比赛，在比赛当天使用环保型一次性电池可能更好。

现在查看智能砖的两侧。

图1.38展示了智能砖一侧的蜂鸣器，机器人的声音就是从这里播放的。智能砖的两侧还有完全相同的3×3的L形横梁接口。



图1.37　电池装在后面

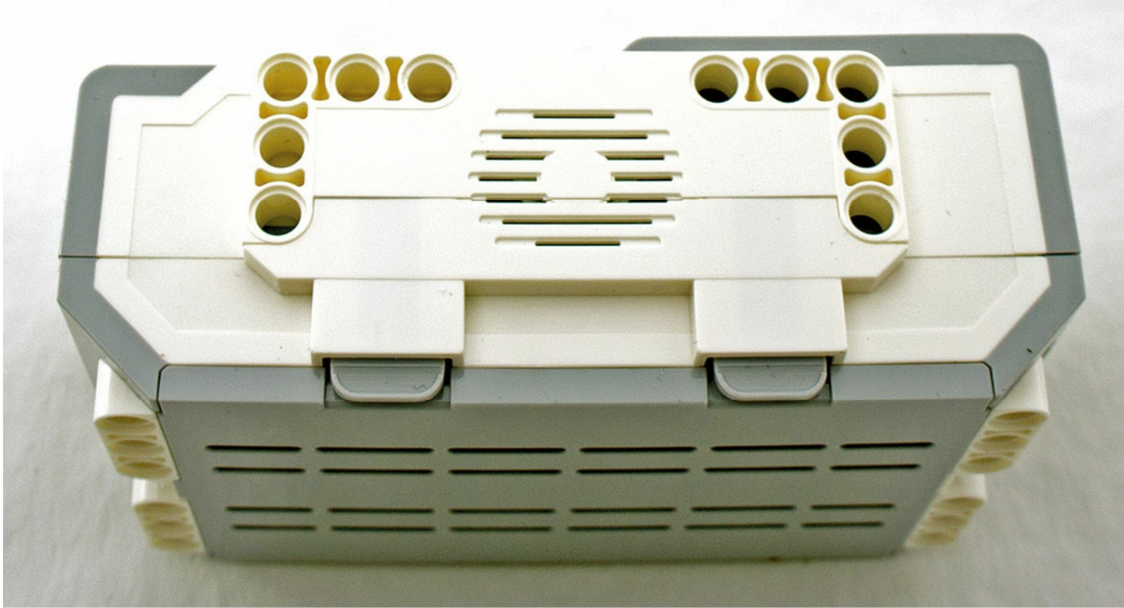


图1.38　EV3智能砖一侧的蜂鸣器

图1.39展示了蜂鸣器对面的装置，有USB插口和SD卡卡槽。如果你觉得EV3自身的存储空间不足，可以把SD卡插到EV3里面充当一个快速存储器，用于存储机器人程序或是一些数据和资料。 USB插口可以把EV3和电脑连接在一起，并从电脑的编程软件中向机器人导入程序。对于电脑的编程软件，我会在第7章中作更详尽的介绍。

现在你已经较好地了解了EV3智能砖了，这时可以了解一下它所驱动的电机和传感器了。



图1.39　EV3的USB插口和SD卡卡槽

1.5.2　伺服电机

图1.40展示了EV3家庭版套装中的两个大型伺服电机。这些伺服电机可以驱动轮子、梁或其他大型部件。红色零件旋转做圆周运动，你可以在它表面连接销或在中心连接轴。此外，伺服电机还可以把轴和销连接到其他零件上。



图1.40　大型伺服电机可以驱动套件中的绝大部分零件

图1.41展示了中型伺服电机。这个伺服电机只有中间的接口可以旋转，它可以在旋转部件附近用于连接零件，也可以用来连接受伺服电机驱动的齿轮。



图1.41　中型伺服电机有一个轴的接口

1.5.3　传感器

图1.42展示了触动传感器，触动传感器在EV3家庭版套装中只提供一个（NXT套

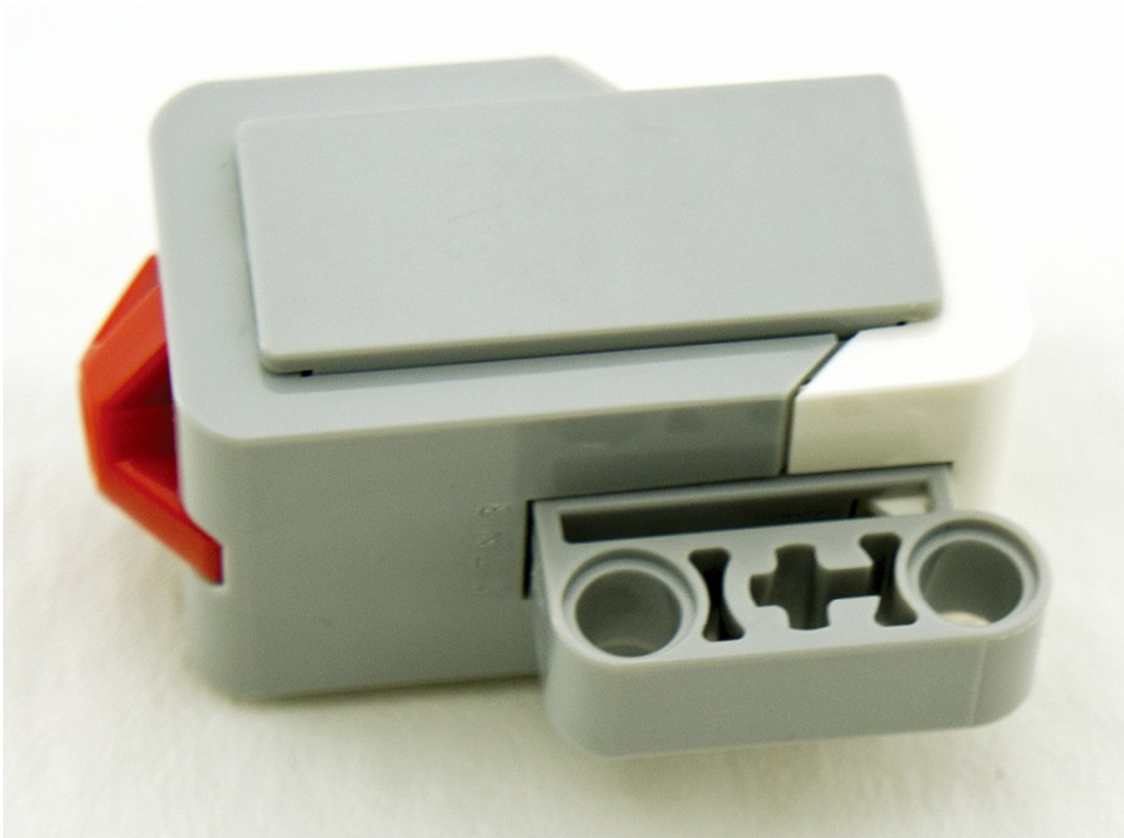


图1.42　当触动传感器红色的部分被按下时，它会检测到并将数据传输到主机

装有两个）。当传感器末端的红色触角被按下时，触动传感器会将数据传输到中央处理器。如果你把它放在一个机器车的最后面，它就可以检测到机器车是否发生了撞击。不仅如此，它最有用的地方莫过于可以充当一个开关，它可以控制机器人开启或停止，帮助机器人转换方向，以及重置一个程序等。 LEGO EV3教育版套装中有一个机器人设计叫作“平衡小子”，它就利用了触动传感器来充当开关。

颜色传感器（如图1.43所示）可以检测光，它可以识别不同的颜色，区分明暗的变化。在EV3套装中有一个颜色传感器，你可以用它来

分类部件，检测它们的颜色，或使机器人沿着一条线行进。在第7章和第8章会介绍更详细的颜色传感器的用法。



图1.43　颜色传感器可以检测周围反射的颜色

图1.44展示了红外传感器和遥控器（也称为红外信标接收器），这是EV3家庭版独有的部件。 EV3教育版套装没有遥控器，而是用一个超声波传感器来代替。红外传感器和遥控器（使用7号电池）可以作为几乎所有汽车或坦克机器人的遥控装置。你也可以单独使用红外传感器来检测是否有物体在传感器的前面。

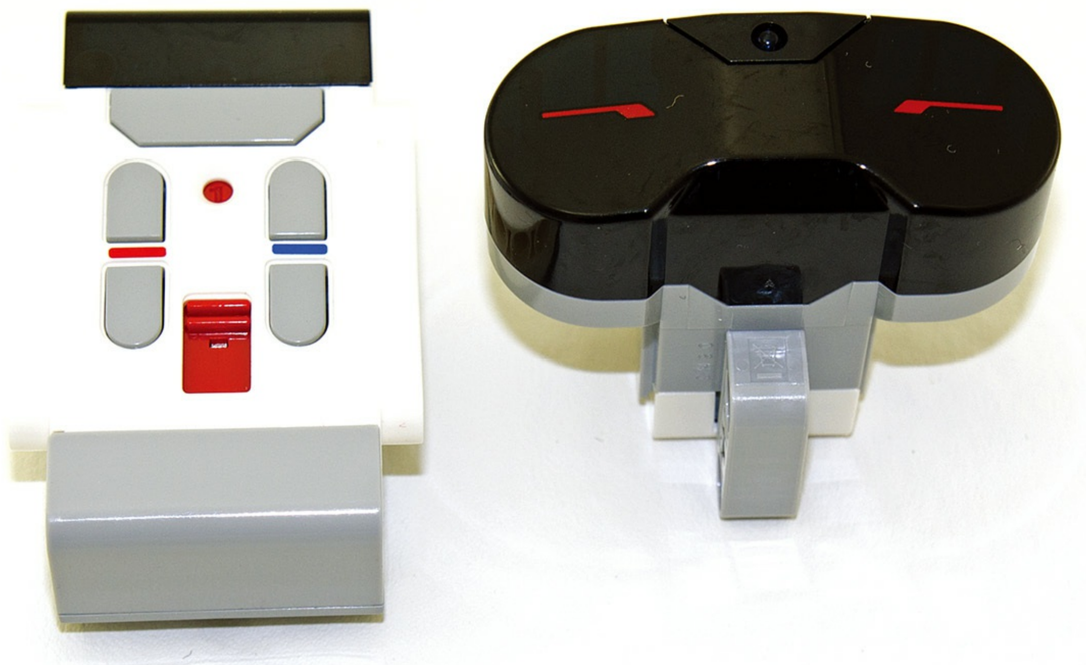


图1.44　这两个分别是信标与红外传感器

1.5.4　数据线

现在你已经大致了解了EV3智能砖、伺服电机和传感器。接下来，需要认识数据线了，数据线是用作连接的。

图1.45展示了EV3套装中所包含的两种数据线。其中的一种就是USB线，它其



图1.45　套装包含各种各样的数据线

实就是一根标准的USB线。它的作用是连接EV3主机和电脑，然后向程序块中导入程序。还有另一种特殊的数据线，用来连接主机与电机或传感器，它与电脑和路由器连接的网络电缆很类似，但是它们的线路不太一样，因此不可以用EV3中的数据线代替网络电缆这一类的东西。

这种数据线有长短两种，包括4个25厘米的数据线、2个35厘米的数据线和一个50厘米的数据线。当你搭建一个机器人时，请先尝试选择最短的数据线；否则，你会花大量的时间盘起数据线以免它们挡路。你或许也可以用可书写胶布或魔术贴来标记数据线的末端以避免混淆。

最后，家庭版套装有一套贴纸（如图1.46所示），可以贴在翼形部件和角件上。另外，说明书（如图1.47所示）展示了如何搭建第一个机器人的过程，它实际上是把3个机器人的搭建过程整理成了一本手册。

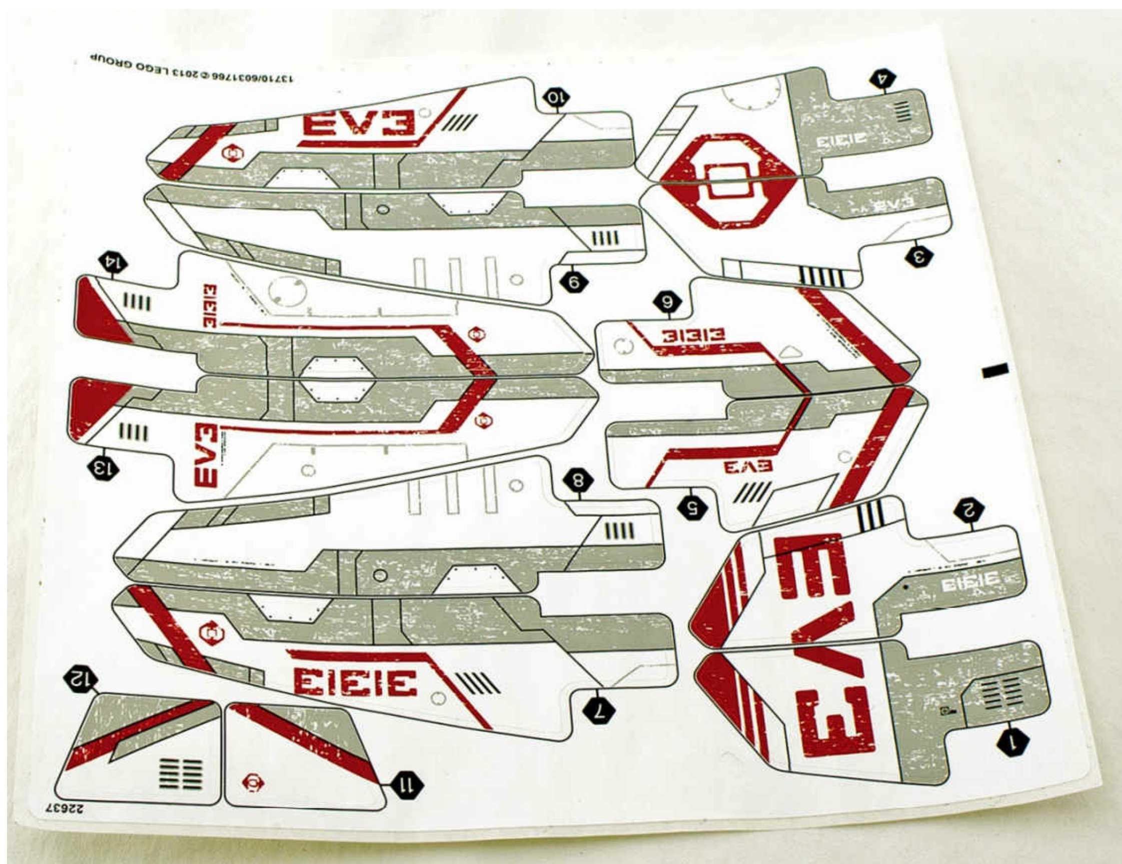


图1.46　这些贴纸对于EV3的翼形部件来说不是强制性的装饰物，你可以选择贴或不贴

现在你应该已经从盒子中取出所有的零件了（机器车的测试场地就是外面的包装），你可以打开这本说明书，然后开始搭建一个非常基础的机器人。你也可以翻到第2章去浏览一下EV3教育版。



图1.47　如果你丢失了说明书，也可以去网上下载该机器人的说明文档

1.6　小结

在本章中，你打开了MINDSTORMS EV3套装并探究了它的各种零件，例如横梁、销、轴、轴套、齿轮、球窝接头、传感器和EV3主机，甚至盒子本身。你还了解了LEGO的发展历程，考虑了如何存储零件并装好电池以驱动EV3。

第2章 LEGO教育版盒子里有什么

第1章涵盖了EV3家庭版套装的基本内容。不过我曾经提到过，EV3不仅仅只有这一种套装。本章囊括了LEGO EV3教育版的相关内容。第1章和第2章共通的地方，就是它们都明确地告诉了你每种套装的优缺点。如果你还在纠结该买家庭版还是教育版的话，第1章和第2章会明确地告诉你答案。当然，如果你已经购买或是你已经决定购买其中的一套EV3，那么第1章或第2章的内容也会直观地告诉你另一种套装是什么样的。

这一章不会像第1章那样非常细地介绍每一个部分，因为有一些内容和第1章所介绍的EV3家庭版套装实际上是一样的。不过这一章将会用另外一些内容来代替，它将会聚焦两种套装的不同点以及EV3教育版中的一些拓展模型。现在，让我们开始吧！

关于**LEGO**教育版

LEGO教育（北美）是LEGO和Pitsco教育的合办单位，它是一个创建于1971年的专注教育产品的公司。两家公司在1997年开始联合经营。 LEGO教育的各个版本的产品都面向教育领域。如果你不想在商店里购买LEGO教育的产品，也可以通过LEGO教育在美国的网站http://www.legoeducation.us/来订购产品。

2.1 零件储存箱

你需要注意的有关EV3教育版的第一件事，就是它自带一个方形储存箱（如图2.1所示）。当你打开那个透明的塑料盖时，你会发现里面有一个塑料的硬纸片，这个纸片的一面是套装的名称，另一面是一个完整的零件表（如图2.2所示）。跟家庭版不一样的是，家庭版最外面的外壳拆开就可以用作测试场地，但是在教育版中没有机器人的测试场地，最外面的是整理箱。



图2.1　教育版配有一个外形简洁的盒子



图2.2　盒子里的硬纸片上是EV3教育版完整的零件表

在这个硬纸片下放置着一个红色的托盘，它被分割成许多小的部分，可以用来放置小配件或是大型零件（如图2.3所示）。



图2.3　内嵌式的零件放置托盘

把这个红色的托盘拿开，你就可以看见EV3套装的核心零件了，里面有成捆的一次性塑料袋，还有几个用小纸壳包装的零件。我建议把这些核心零件放到中间的塑料夹层里，别把它们放在上面的红色托盘里。这不只是因为上面本来就没有足够的地方去安置它们，更可怕的是，如果你不盖上盖子就尝试把它们搬到桌子上，这些零件就很有可能会掉得满地都是。

注意

在你带着EV3去乘坐一些交通工具时，我觉得你应该买一个大一点的松紧带或一根长点的绳子，或是一套好的捆绑装置来固定好上面的盖子。EV3教育版的盒子在放置和安排零件方面做得很好，但是它的盖子扣得不是特别牢靠，所以假如你不小心把盒子整倒甚至是翻过来的话，零件很有可能会漏出来。

2.2 颜色设计

你可能会注意到家庭版和教育版之间的差异之一就是它们有不同的配色方案。家庭版有固定的红、黑、白三色配色方案，再加上白色翼形部件的贴纸，使它们看起来像是穿戴很好的机器人或是宇宙飞船的零件。 LEGO教育版的配色方案包括绿色、蓝色、黄色以及将红色、黑色、白色混合在一起。它的翼形部件是黑色的，而且没有贴纸。

图2.4展示了LEGO教育版盒子中相同规格的3种颜色的横梁。虽然大多数的横梁是黑色、白色或者红色的，但这3种小规格的横梁可以根据你的设计添加一些流行色。



图2.4　这3种彩色横各有4个

注意

请记住LEGO科技零件测量标准中横梁大小的单位，标准横梁中每个孔到下一个孔的距离是一个单位，并且横梁的高也是一个单位。如果你试图计算出一个零件的大小，只需要拿出一个标准横梁进行测量即可。

图2.5展示了教育版中的翼形部件（也称作嵌板）。 LEGO教育版中

的翼形部件是黑色而非白色的，而且没有贴纸。尽管教育版比家庭版的翼形部件少，但在功能上，它们和家庭版是一样的。教育版中的翼形部件总共有4个，包括一对小的和一对大的。教育版特有的装饰嵌板上的贴纸或许会出现问题，因为它们有可能会在多个学生使用的情况下被剥掉。



图2.5　在EV3教育版套装中，只有很少的装饰嵌板

2.3　球头万向轮

LEGO EV3教育版套装中有两个特殊的零件，如果你不太了解它们的话，它们看起来显得很古怪（如图2.6所示）。它们是一个小滚珠和一个固定它的容器，这两个零件组成了球头万向轮。它们跟家庭版中的球不同，它们不是作为发射器来设计的。当机器人在平坦光滑的表面运动的时候，万向轮对机器人的转向稳定性很有帮助。



图2.6　球头万向轮在平面上是一个很好的稳定转向装置

图2.7展示了球头万向轮是怎样组合的。你可以试着拿着万向轮尾部的横梁，使其沿着一个光滑的表面滚动。注意观察它有多么容易滑行。



图2.7　球头万向轮提供了更加稳定的滑行体验

提示

在你安装好万向轮后，滚珠不太可能因意外事件而脱落，这对于你组装机器人来说是件好事。如果你想把滚珠从容器里拿出来，只需要用一个轴从后面捅一下即可。

2.4　坦克履带

LEGO教育版没有任何橡胶履带或轨道。取而代之的是，教育版有54个连锁片，你可以把它们组装在一起，制作履带，制作完成的轮胎面可长达54个单位（如图2.8所示）。

虽然在你选择购买EV3教育版的时候已经注定无法使用简洁实用的橡胶履带，但是教育版的履带也为你提供了它特有的灵活性。你既可以用所有的履带来组装一个超大的生产流水线，也可以做几个互不相干的小型机器车。在科技系列中，这些履带零部件也是组装各种模型的一大特色。



图2.8　在LEGO EV3教育版套装中，你可以根据个人需要来组装履带

2.5　可循环充电锂电池

你的LEGO EV3教育版比家族版要更环保一些。与其使用6节标准的5号电池，不如选择使用此套装中提供的可循环充电锂电池（如图2.9所示）。当然，这两种方法都可以使用，只是取决于你的个人喜好而已。根据你搭建的结构不同，每一种方式都有它的合理性。有些使用者抱怨可循环充电电池在完成某些工作任务时续航能力不足，所以一定要记住这一点。



图2.9　可循环充电锂电池

因为一些早期出厂的电池是有缺陷的，所以，如果你打开盒子后，发现电池无法充电，可以联系LEGO教育，看看他们是否可以更换电池。

2.6 传感器

和家庭版一样，LEGO教育版包含两个大型电机和一个小型电机。而其余的传感器却与你之前在家庭版中所看到的不同。

> 注意
>
> 教育版和家庭版的智能砖是相同的。如果一套程序可以在其中的一个版本中正常运行，那它也必然可以在另一个版本中正常运行。你可以额外购买附加传感器或者零件，以扩充你的MINDSTORMS套件。

2.6.1 触动传感器

你会额外得到一个教育版设定的触动传感器（如图2.10所示），现在你就有两个触动传感器，把它们放在机器人的末端进行触碰检测，或者用它们做不同功能的按钮均可。

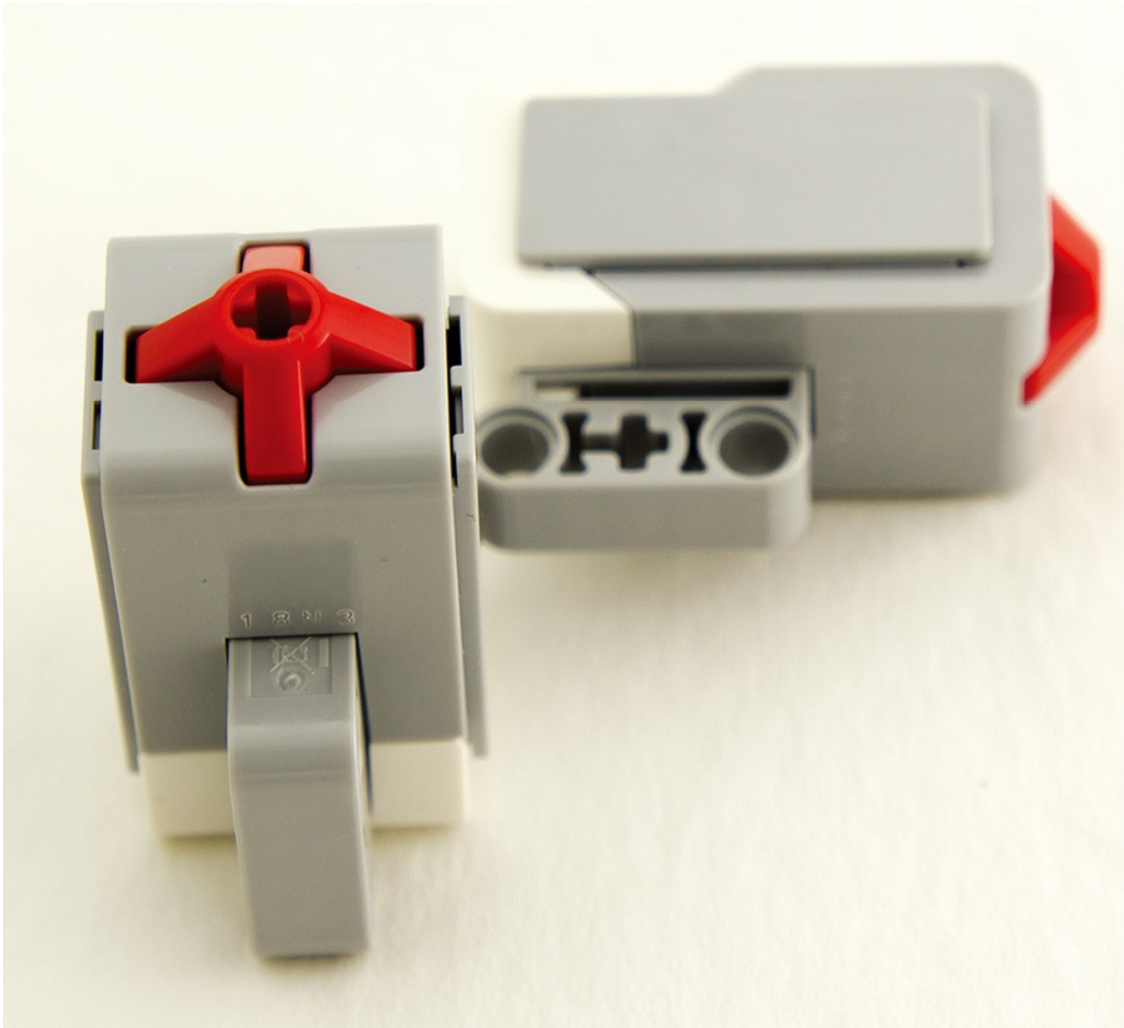


图2.10　EV3教育版套装包含两个触动传感器

2.6.2　陀螺仪传感器

陀螺仪传感器（如图2.11所示）可检测物体的位移、方向和角度，以帮助机器人保持平衡或是确定所指向的方向。这种特定的使用方式曾在“平衡小子”上给我留下了深刻的印象，“平衡小子”在第5章中有所提及。



图2.11　陀螺仪传感器帮助机器人保持平衡

2.6.3　超声波传感器

LEGO EV3家庭版自带一个红外传感器和红外信标接收器。该传感器的“眼睛”像狭缝一样，可以作为任何人形机器人的头部。红外传感器可以用来避免碰撞，或者使机器人和近处的人互动。然而，教育版中却没有这个传感器。

它有一个敏感的超声波传感器，可以用来检测声音，也可以用作避障。“平衡小子”的模型也展示了超声波传感器。如图2.12所示，它的外观也像眼睛一样，所以在你设计人形机器人时，不必担心它没有面部。

MINDSTORMS NXT 2.0的用户应该熟悉这种超声波传感器，因为这款在EV3中出现的传感器是在NXT 2.0家庭版和教育版中都出现过的超声波传感器的升级版。



图2.12　超声波传感器——注意它的“眼睛”和家庭版的红外传感器是不一样的

2.7　齿轮

除了目前为止讨论到的一些细微的差别，LEGO教育版还有一些更有趣的齿轮，如带有横梁接孔的齿轮（如图2.13所示），实际上这是转盘齿轮的一部分。我将在本章下文“齿轮和接口”中作进一步论述。

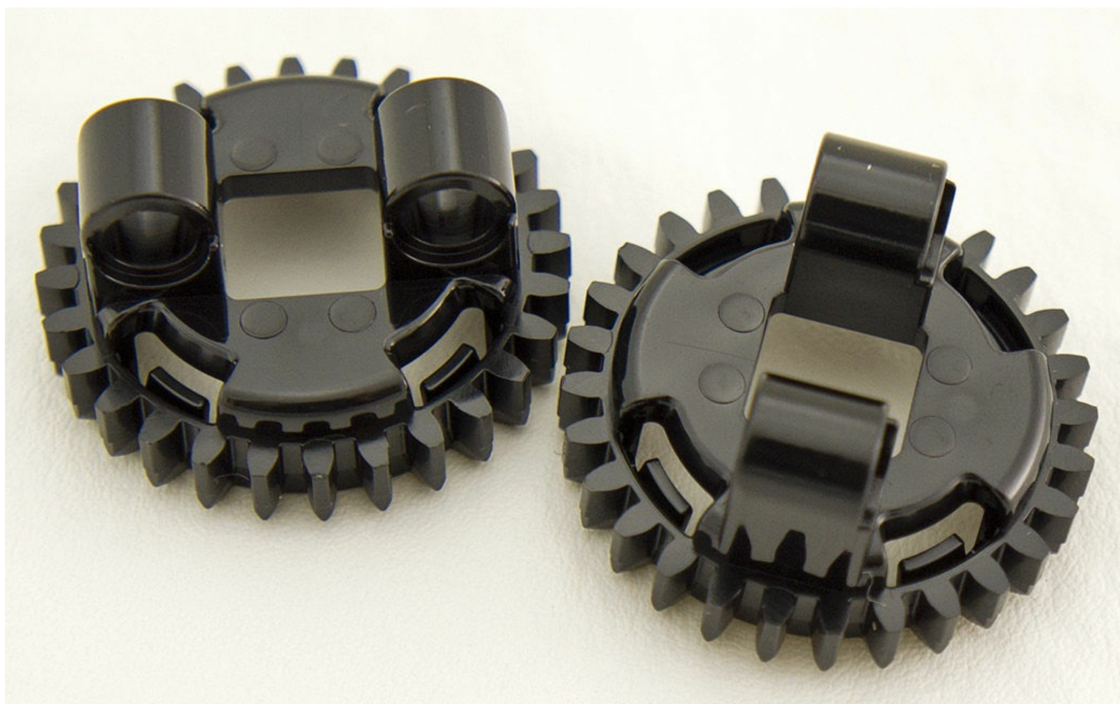


图2.13　齿轮传动转盘的上部分

这个带销头轴套的梁，或者说这个驱动铰接臂（如图2.14所示）很像一个环绕手柄。它的一端是一个销，可以用来连接横梁，也可以翻转过来，以转动手柄的形式来使用。



图2.14　驱动铰接臂很像一个环绕手柄

为了更加便捷，教育版还提供了一些灵活的橡胶双套管（如图2.15所示）。



图2.15　这些双套管也叫减震器

总之， LEGO教育版的核心套装根据课堂用户搭建机器人的需求，提供了许多有趣的东西。

LEGO编程软件

LEGO教育版不附带软件。这很正常，因为家庭版也不附带软件。你只需要从网站上下载该软件。

你可以下载家庭版的软件，并且它的程序在教育版上也可以任意使用。然而，需要提前说明的是，家庭版软件所包含的一些模型说明，但是你并不能用教育版中的零件将这些模型搭建出来。

LEGO教育版自带的教育版软件售价为99美元。这些软件都是计划运行在教室（或家教、俱乐部、团体）里的，需要教师监督学生来完成。它为授课者准备了教学计划和EV3拓展配件箱，都可以单独购买。 LEGO教育公司出售的软件还包括模型的搭建说明，这些模型既可以只用核心套装搭建，也可以加入拓展配件箱一起搭建。

2.8　拓展配件箱

在LEGO EV3教育版中，它的核心部件的套装是最为人所熟知的。这的确是一个不错的套装，不过最近一款EV3教育版的升级版配件箱已经上市了！如果你有条件，一定要购买它。 EV3拓展配件箱（如图2.16所示）的售价已经超过了99美元，



图2.16　EV3拓展配件箱开箱

但是它含有很多你立刻就能用得上的神奇零件。含编程软件的LEGO EV3教育版套装（另一个独立销售99美元的套装）也会介绍一些新版的拼装图。

EV3拓展配件箱也含有一个多层可叠放的盒子，与EV3教育版是同样大小、同样款式的，只不过是以白色的可嵌入式托盘代替了原来的红色托盘。这个套装也含有一份完整的零件表，它被零件覆盖了，把零件翻过来就可以看到。你已经看到了，这个盒子里满是零件。不过这里只

包含机械零件，你不可能在这里找到可编程智能砖。这些零件为你搭建机器人提供了更多的可能。跟教育版相同的是，在你完成开箱工作后，我依然建议你使用那个可嵌入式托盘放置零件；还有，你同样需要几个额外的松紧带、绳子或是一套捆绑装置来锁紧你的塑料箱盖。

2.8.1 额外的轮子

盒子里的轮子（如图2.17所示）肯定是你第一眼就注意到的东西之一，有些轮子甚至过于巨大，以至于它们没有像那些小零件一样放在密封的塑料袋里。



图2.17　这个套装里有许多会令你感到惊奇的轮子样式

LEGO教育套装中的轮子只够制作一个轮式机器人，但EV3拓展配件箱添加了许多种类的轮子。不仅有10个轮胎和22个轮毂，并且从大到小各种尺寸都有。EV3拓展配件箱甚至可以让你用额外的轮毂制作一个机器人大象，你可以用多出来的轮毂（不包含轮胎）制作机器人大象的脚。

2.8.2 额外的横梁框架

EV3教育版中的方梁是搭建坚固构造的重要零件，但问题在于你只有两个方梁。EV3拓展配件箱中添加了一些重要的东西（如图2.18所示），它们可以帮助你建造更大、更稳固的机器人。

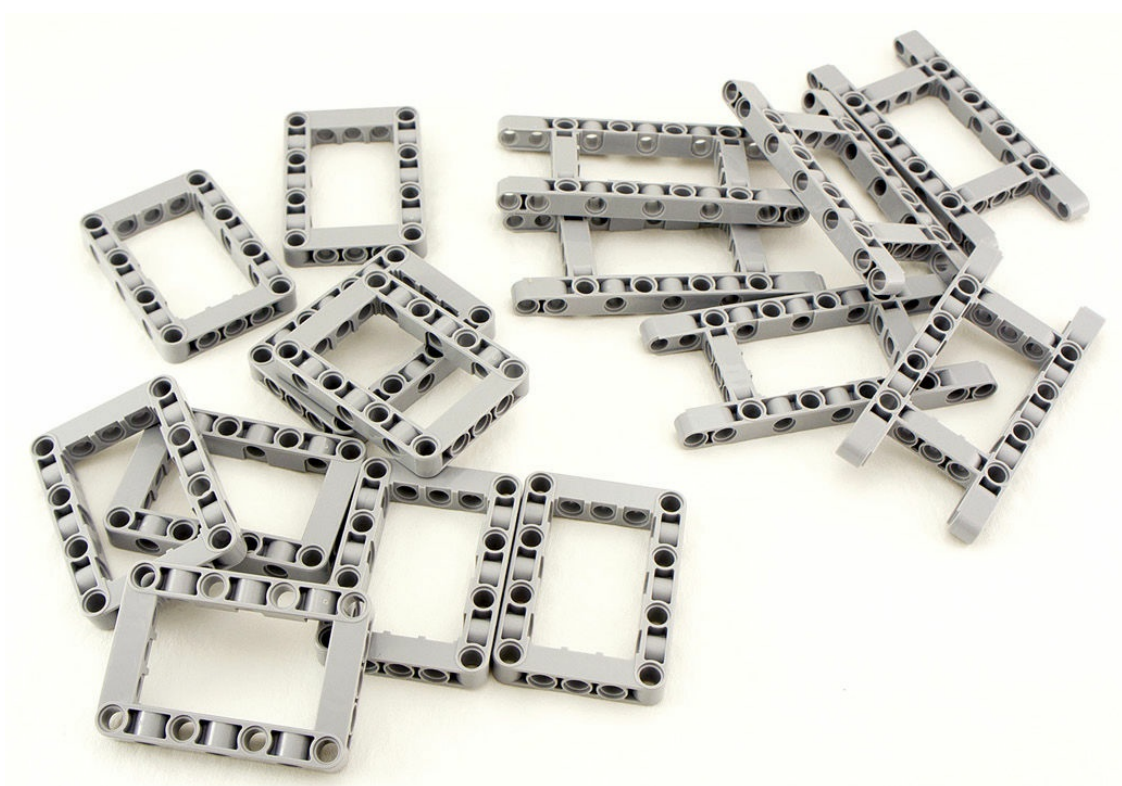


图2.18　拓展配件箱有足够的直梁连接框来搭建更大的结构

是的，这也意味着你将有更多的销（如图2.19所示）。



图2.19　EV3拓展配件箱中提供170个额外的销

如图2.20所示，你有很多长销，可以连接更加复杂的横梁，或者固定其他配件。



图2.20　EV3拓展配件箱包括14个米黄色和22个蓝色的销

如图2.21所示，你有一些交叉块可以与销结合，同时还有连接轴和横梁的结构。



图2.21　正交销和正交块

图2.21中展示的一些正交块是教育版所独有的，你在LEGO EV3家庭版或是9898特供套装中都不会找到。比如，这种黑色的零件（如图2.22所示）被称为三销转向枢纽。



图2.22　三销转向枢纽以及角形带销横梁

EV3拓展配件箱含有一些额外的标准直梁，不过它里面也同样含有许多有趣的横梁，如这种薄片式三角短梁（如图2.23所示）。



图2.23　角梁

EV3拓展配件箱也有薄片式直梁和好多正文轴连接器（如图2.24所示）。



图2.24　正文轴连接器

2.8.3　齿轮和接口

EV3拓展配件套装包含许多组高级的零件，它们不同于那些只用销或轴完成的基本搭建。机器人需要运动，而EV3拓展配件箱与核心套装相比，提供了更多可用的零件，为机器人能够更加灵活地运动创造了好的条件。比如，它提供了一些额外的新型齿轮（如图2.25所示）。

这些齿轮和你在其他套装里发现的几乎是相同类型。如图2.26所示，LEGO把它上升一个档次，提供了两个齿轮齿条，所以你可以用齿轮上下移动东西（或从一边移动到另一边）。你可以组装一个机器人，使它增高可以够得着物体，或者组装一个扫描仪，使传感器可以从一边移动到另一边。

在通常情况下，齿条在它的两个末端都有对轴或销的接口，这些设计提供了把齿条固定在机器人上的多种方法。

还有一种差速器，可以帮助机器人完成转弯。当你采用差速方法时，普遍的方法是把差速器放在两个轮子中间，然后让其中一个轮子以快于另一个轮子的速度来转动（这种设计在转弯任务时比较常用）。但EV3拓展配件箱只提供了一个差速器（如图2.27所示）。



图2.25　新型齿轮将带来无限的可能性



图2.26　齿条用来升降和移动

虽然你只有一个差速器，但是你还有两个不同的转台（如图2.28所示）。没错，在看到这幅图的时候，你或许以为这是4个零件，实际上它们中的两个零件可以组合在一起作为轮转式齿轮来使用，它可以使两端的物体自由旋转。这也对你搭建带有平稳转向装置的机器人有很大帮助。



图2.27　差速器齿轮可以帮助你搭建转弯结构



图2.28　这些零件可装配成转盘齿轮

说到平稳的运动， EV3拓展配件箱有两个备用的滚珠的容器（如图2.29所示）。但遗憾的是，它没有多余的滚珠。其中一个容器和在LEGO教育版核心套装中的容器是完全一样的，而另一个则更像是球窝接头，并增加了一个更大的横梁接口。

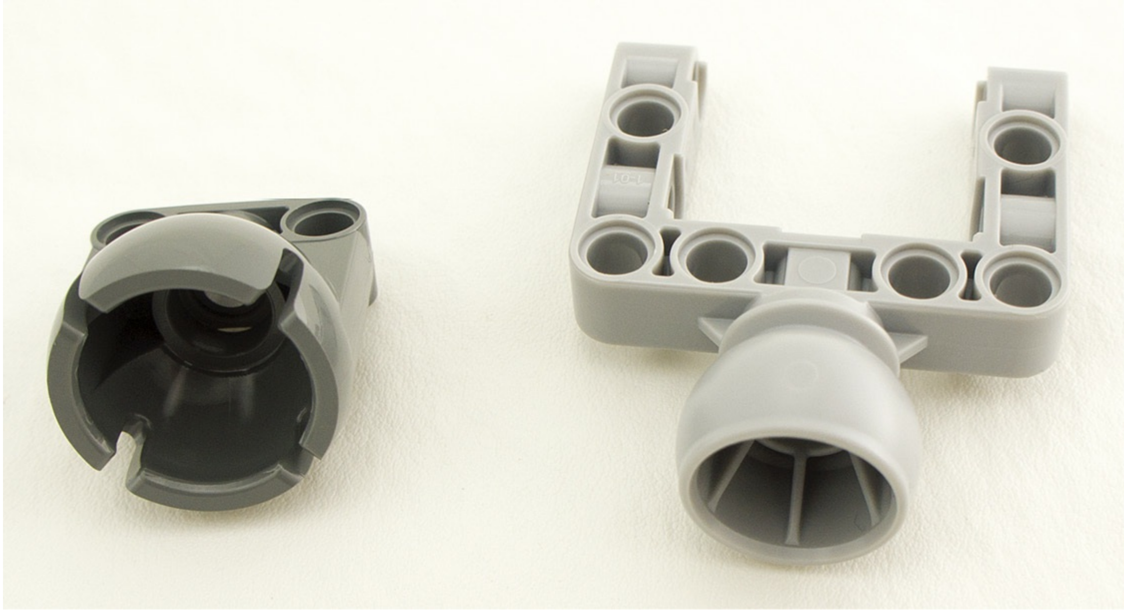


图2.29　附加的滚珠轴承容器

现在来看球窝接头， EV3拓展配件箱提供更多的球销和圆孔十字横梁（如图2.30所示）。



图2.30　球销和圆孔十字横梁

套装里还提供两个“万向节”，可以连接两根轴并且可以沿接头的中轴进行大范围的转动，它的作用很像膝关节（如图2.31所示）。它们主要应用于电机中，可以在一定的角度内将转动传递到齿轮。



图2.31　两端连接轴的万向节

如图2.32所示， EV3拓展配件箱中有两个外形怪异的等速接头，看起来像迷你的小锤子。



图2.32　等速接头——而非中世纪武器

然而，它们也不是锤子，等速接头与速度感应器连接（如图2.33所示），使其被称为等速接头或恒速接头。这个接头可以用来制作先进的发动机。



图2.33　极性转换手柄和速度受体（魔法杯子）

2.8.4　坦克防滑垫

在你的EV3拓展配件箱中，你也许注意到了一种可弯曲的红色橡胶零件（如图2.34所示）。这28个零件是为教育版中的塑料履带准备的防滑垫。没准你之前还在想为什么每个履带片上都有两个小孔，当你看到这些零件时，自然就知道为什么会有这两个小孔了。



图2.34　28个坦克防滑胶垫

LEGO EV3拓展配件箱没有配置更多的履带零件。实际上，拓展配件箱中只有5块履带零件。套装中所包含的这些零件，有可能只是为了让你认识到加入红色防滑胶垫的履带是什么样子的，如图2.35所示。

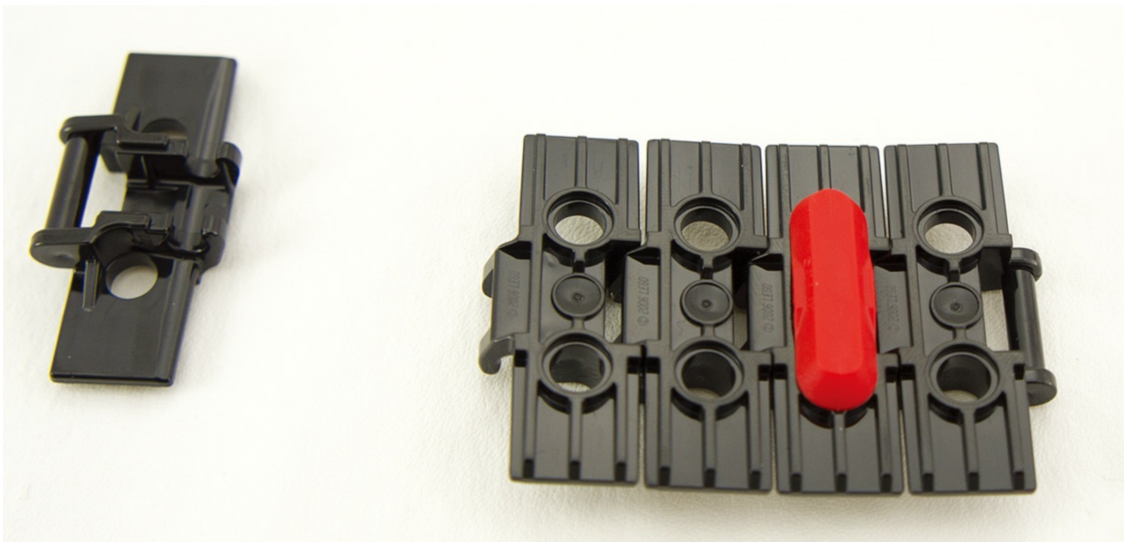


图2.35　5个履带零件和28个履带防滑胶垫中的一个

2.8.5　翼形部件和其他装饰零件

LEGO EV3教育版核心套装的翼形部件没有家庭版的多，但EV3拓展配件箱比家庭版提供了更多的翼形部件以及更多的尺寸（如图2.36所示）。配色方案中大多是黑色的翼形部件，但是现在你有一些小的红色翼形部件可供使用。



图2.36　有更多可供选择的翼形部件（嵌板）

EV3拓展配件箱提供了更多的汽车零部件，在这4个超大挡泥板的帮助下，你可以拼装大型机器车或是其他想要的结构（如图2.37所示）。

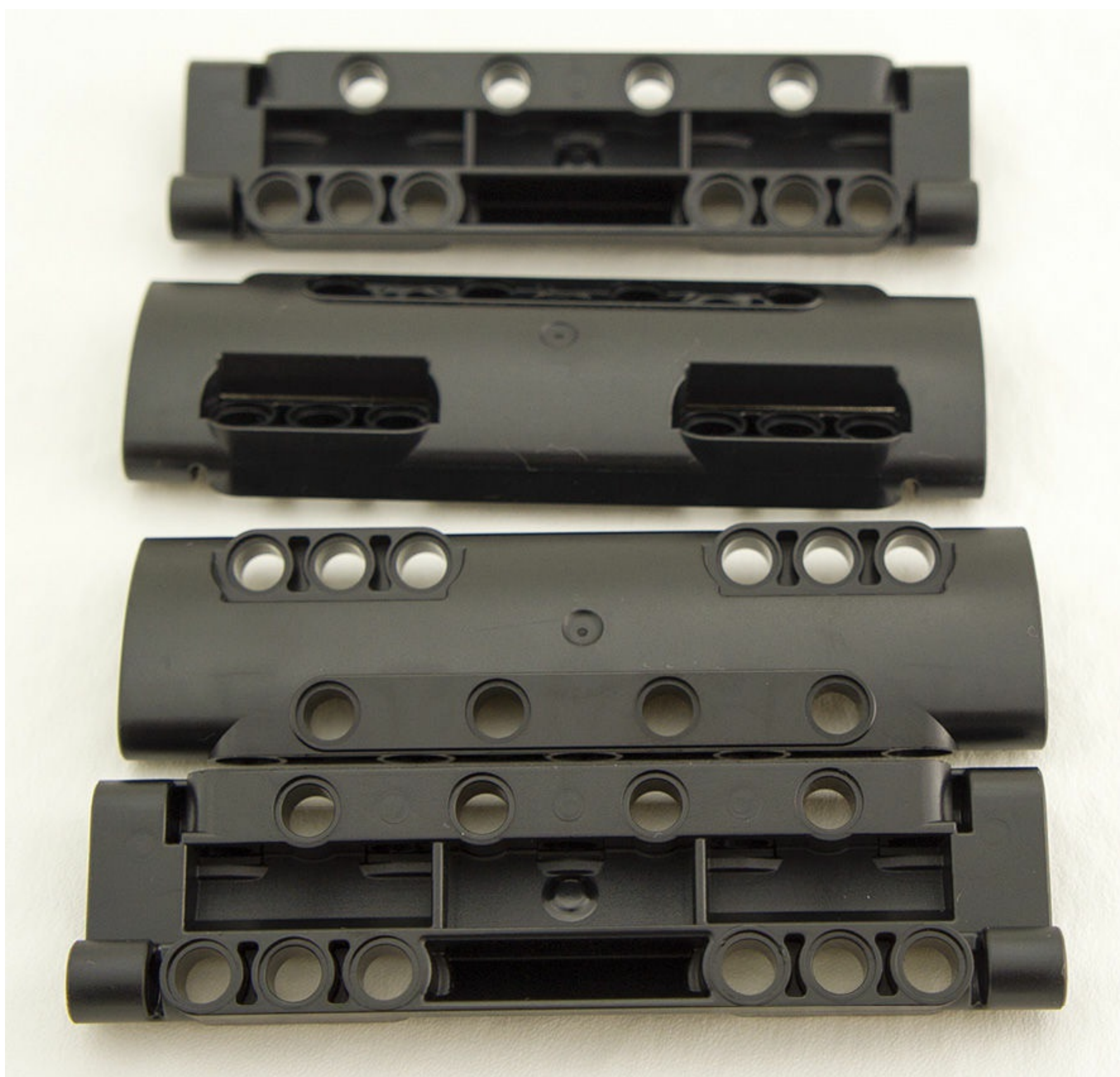


图2.37　它们被称为挡泥板或是弓形嵌板

除了这些汽车零部件以及装饰嵌板之外， EV3拓展配件箱还有许多表盘似的零件和LEGO官方标准零件，如这种纽扣式圆盘零件（如图2.38所示）。



图2.38　LEGO官方标准纽扣式圆盘零件

如图2.39所示，EV3拓展配件箱中还有蓝色圆管。它们起装饰作用，但不包含在家庭版中。所以，有了这个零件，你的机器人会有更独

特的外观。

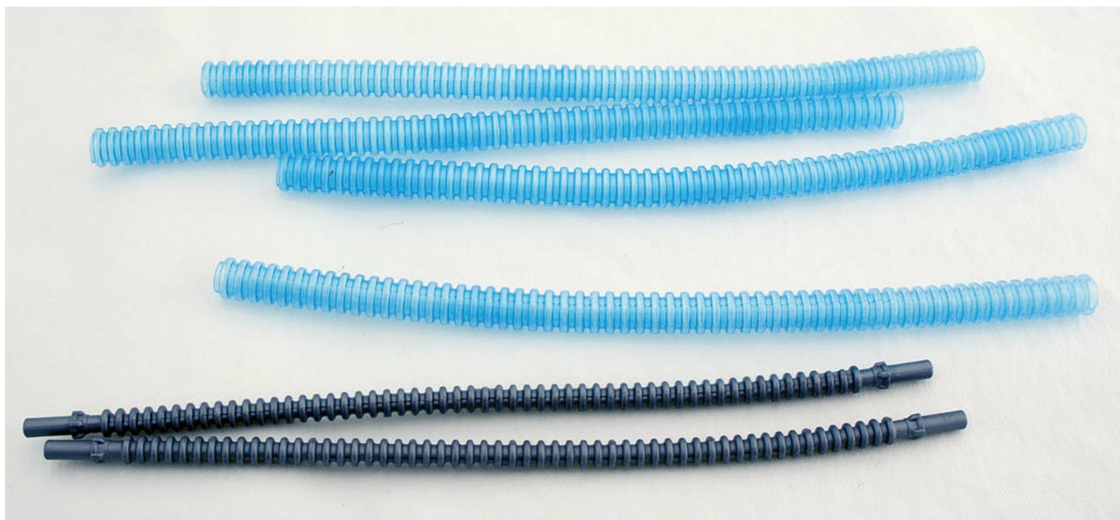


图2.39　蓝色圆管

继续说这种蓝色的装饰性圆管，套装中还提供另外的蓝色、青绿色和黄色的装饰性零件（如图2.40所示），因此你可以用它们创造一些很特别的机器人。这些奇特的零件在EV3 9898中国特供版和EV3家庭版中都没有提供。图中展示的红色零件是一个方向盘，它不只起到装饰作用，还有一些实际的用途。

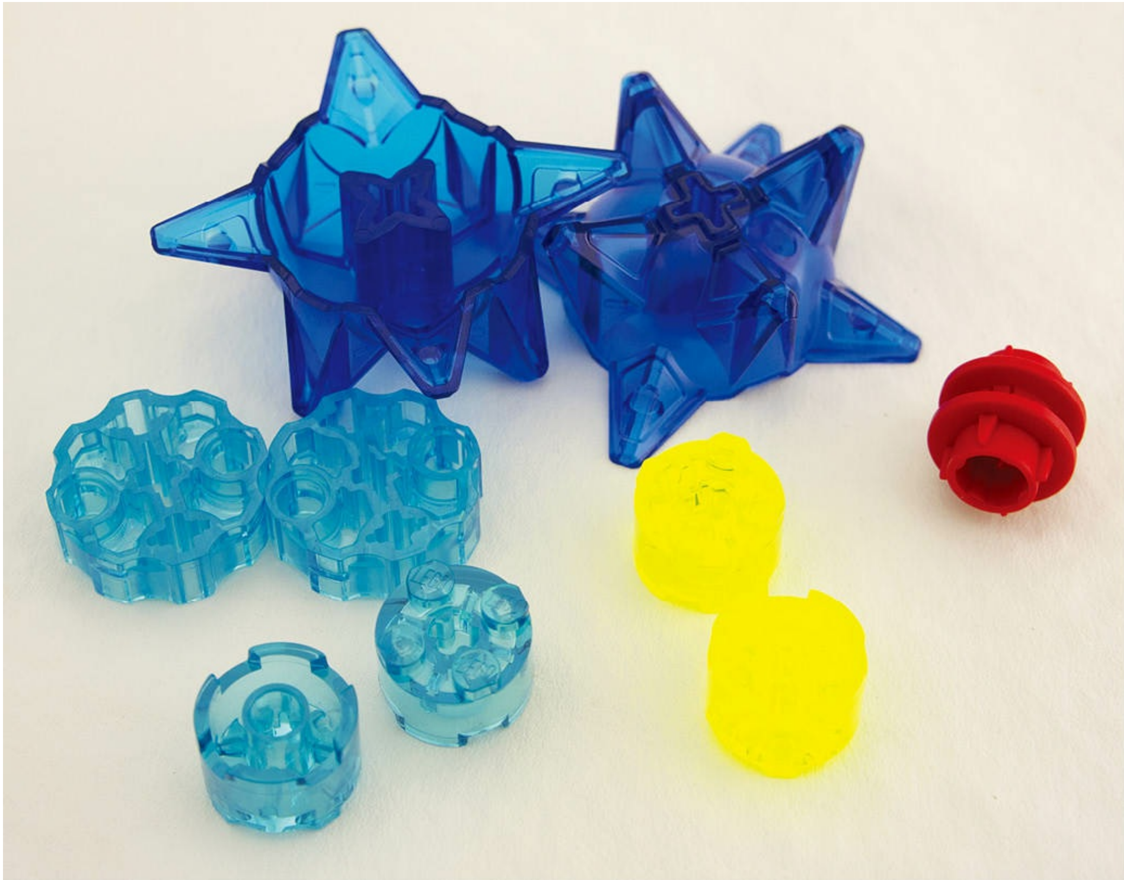


图2.40　它们为装饰提供了更多的选择

EV3拓展配件箱所包含的最后一部分零件，既有实用性又可以起到装饰作用（如图2.41所示）。套装中总共含有8个不同尺寸的皮筋（共有4种，每种2个）。这些橡胶皮筋和其他装饰零件一样有红色、白色、黄色和蓝色，可以搭配使用。它们被装在硬纸壳袋中，也许你还见过LEGO其他系列的类似零件， EV3拓展配件箱中的皮筋就和它们一样。



图2.41　盒子中的皮筋

2.9 小结

本章介绍了LEGO EV3教育版和其中一些特殊的部分。通过购买LEGO EV3教育版，你同时也认识了EV3拓展配件箱。这是在EV3教育版核心套装以外另行销售的。 EV3拓展配件箱提供了许多特殊的零件和材料，可以用来制作更复杂的机器人，其中也包括很多专有的装饰性零件。 LEGO教育公司单独销售EV3教育版编程软件，但也可以选择家庭版的软件进行编程。

第3章　比较EV3和NXT

也许你手中有一台NXT 2.0版本的机器人，或是在eBay上看到过它们的促销广告。你肯定想知道怎么才能够对它进行升级，或是怎么处理你手中旧的版本，因为你现在已经生活在EV3的时代了。我们可以把这两台跨版本的机器组合在一起吗？这一章会告诉你所有问题的答案。

最初的MINDSTORMS系列

在1998年， LEGO公司发布了第一代 LEGO MINDSTORMS系列机器人——RCX机器人。它采用了一个黄色的可编程智能砖，并且可以兼容使用LEGO 科技系列零件和官方提供的零件。智能砖本身只有很少的配套电机，而且用了一套全新的连接系统。

虽然当时的软件不是RCX的官方支持软件，不过你可以使用旧版本的ROBOTC来给它编程， ROBOTC可以在www.robotc.net/download/rcx/下载。

你也许可以在eBay上找到老的RCX系列，我就是在上面找到了一些售价仅在30美元左右的RCX 智能砖和仅售75美元的全套套装的。早期， RCX系列是流水化生产的，不过一段时间之后，它就停产了。

3.1　NXT与NXT2.0以及EV3

LEGO公司在2006年发布了最初版的NXT系列，然后在2009年发布了部分细节升级的NXT 2.0（如图3.1所示）。两套系统之间最大的不同就是有各自的套装零件。 LEGO公司随后升级了NXT和NXT 2.0使用的软件，如果你把为NXT 2.0设计的程序放到NXT上启动，它必然会要求升级固件以使它可以和NXT 2.0保持兼容。不过，这两个版本的智能砖在外形上并没有显著的差别。






A
B
C
USB
NXT
Please use ports:
1 = Touch Sensor
2 = Sound Sensor
3 = Light Sensor
4 = Ultrasonic
B/C = L/R motors
NXT
1
2
3
4

图3.1　NXT 2.0智能砖比原始版本有显著提升

出于各种意图和目的，只有3款MINDSTORMS智能砖：RCX、NXT和EV3。因为RCX很久没出现在市面上，且与当前的硬件和软件不兼容，所以本章重点介绍NXT和EV3。

> 提示
>
> 你还可以找到一些网站，上面有很多关于NXT和NXT 2.0操作指南的有用书籍，如关于LEGO NXT 2.0的Basic Robot Building with LEGO NXT 2.0一书，也可以从QUE出版社购买。

在本书写作期间，仍有一些商店在出售新的NXT 2.0模型，它们被标记为“收藏品”，并且eBay标记的上市价格仍在250美元左右。 EV3比NXT 2.0更贵，不管是新的还是旧的。它到底为什么值这个价格呢？不必猜测，答案马上揭晓。因为EV3系统兼容NXT，至少可以支撑到2015年。接下来就让我们看看它有什么优点。

3.2 砖

在EV3和NXT之间最大的不同便是升级过的智能砖了。在EV3中，智能砖有一个更加快速的处理器、更好的“砖上编程”以及一个基于Linux的操作系统。图3.2展示了这两种砖的正面。

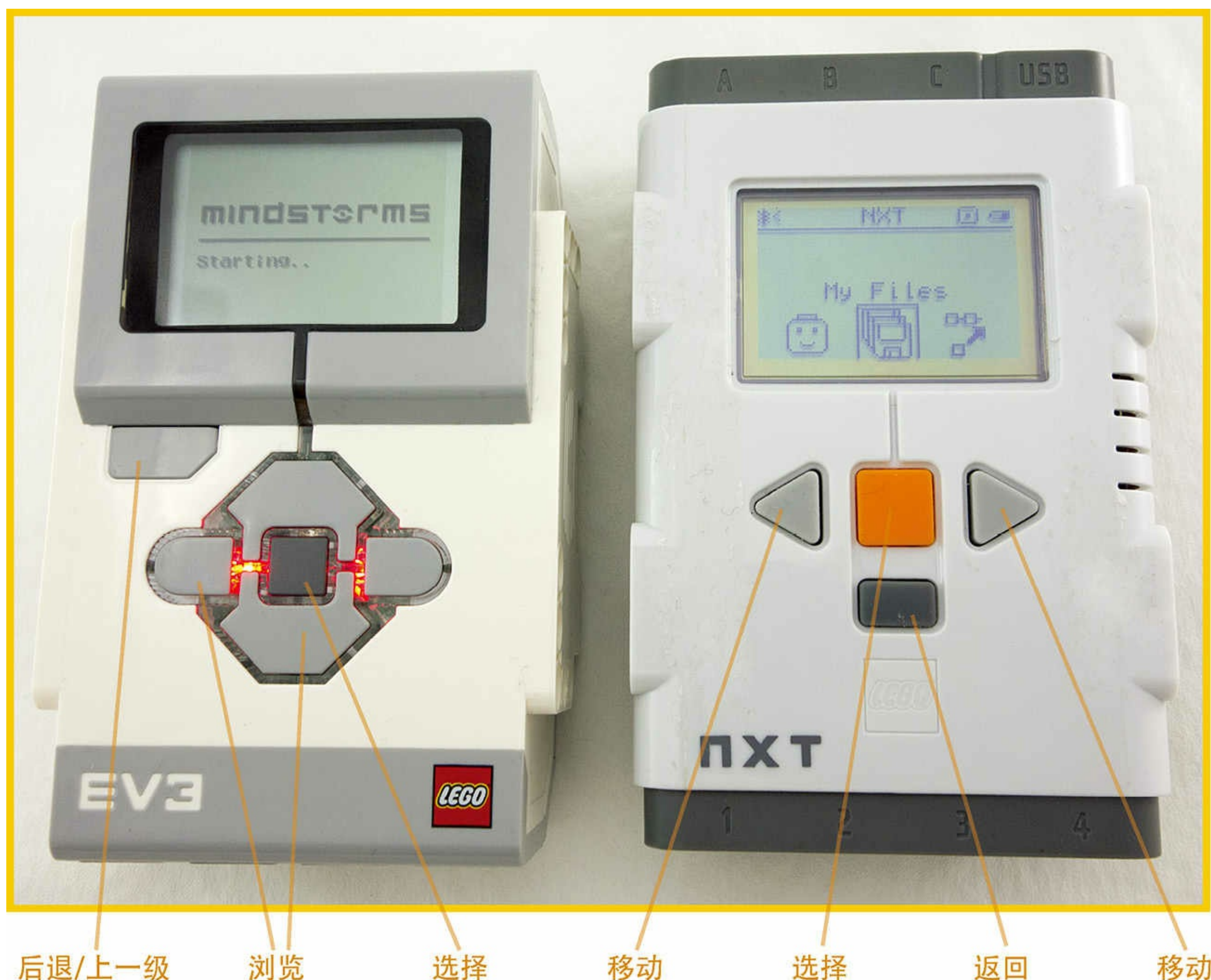


图3.2　智能砖并排比较

图3.2展示了EV3和NXT智能砖的比较，虽然大小差别不大，但是EV3的智能砖屏幕稍大，并且新增加了向上/向下移动的按钮以及新的后退键（在EV3的智能砖中，后退键在左上角；在NXT的智能砖中，后退键就在确认键的下方）。 NXT智能砖只有两个方向选择键，一个中心键（确认键）以及它下面的一个返回键。你肯定会用到EV3智能砖上这些额外多出来的按钮，因为这将使你有更多的程序设计选择（在3.2.3节将会详细介绍）。

当你启动EV3智能砖时，按钮的背光灯是亮的，使它能够在黑暗中被发现。这也说明它的屏幕没有背光，这一点的确做得不太好。

EV3智能砖不仅有华丽的外壳，与NXT智能砖相比还有更好的处理能力。唯一一点美中不足的就是它的开机速度比较慢。

注意

EV3的缺点之一是需要很长的时间来启动。如果你之前使用的是NXT，那么在你使用EV3的时候很可能会认为自己的机器人坏掉了。事实上并非如此，你可能不知道这缘于EV3拥有更强大的处理器。这就像是为什么许多智能手机比老式手机需要更长的时间来启动，因为它有更复杂的操作系统和更多的选项，都需要在启动时加载。

为什么提升处理器这么重要？因为强大的ARM9处理器和Linux操作系统提供了许多高级编程的功能，其中的一些内容将在第7章中作更多的介绍，你将在那部分了解LEGO的合作公司LabVIEW，帮助你增加桌面编程经验。

尽管你会使用NXT 2.0桌面编程系统，但使用EV3中的桌面编程系统更容易，特别是当你结合EV3中的其他硬件时。

有了NXT 2.0，你可以在智能砖上连接一些命令（例如，为了测试机器人并保证它正常运行）。如果不把机器人连接到电脑上并下载一个程序，你就不能编程任何高级程序。如果你不想使用LEGO提供的可视化编程软件，可以选择其他的编程软件，如ROBOTC专有编程语言。

EV3可以进行机器人的所有编程，而不只是几个命令测试。它也可以使用ROBOTC和其他更简单的编程软件包。 LEGO从不隐藏代码，你可以下载NXT固定代码作为开放编程法则，但你仍要学习新系统。由于很多程序是编程用户已经熟悉的，因此LEGO选择使用了一个基于Linux操作系统的智能砖，以创造更好的编程环境。

3.2.1 传感器和电机的连接

LEGO MINDSTORMS NXT和EV3使用了相同的专有数据线，如连接器电缆（也称作RJ12），这使它们大多彼此兼容。如图3.3所示，在这两块智能砖的底部，你可以看到它们各有4个传感器接口，标记为1～4。即使你使用相同的电缆连接传感器和电机，1～4端口也只能连接传感器。



图3.3　NXT和EV3都有4个传感器端口

> 注意
>
> 虽然从技术上讲，你可以把电机连接到传感器端口，可如果你这么做，它们将无法运行。

虽然从表面上看这4个端口没有什么不一样的，但是新款的EV3传感器不能在NXT上工作。换句话说，在EV3上可以使用旧的NXT传感器，但旧的NXT固件将不支持改进的EV3传感器。

> 注意
>
> EV3传感器的升级包括以下部分。
>
> - 颜色传感器可以识别7种颜色而不是6种。
> - 超声波传感器（LEGO教育版套装）现在可以作为声呐设备使用。
> - 陀螺仪传感器（LEGO教育版套装）对旋转的度数更为敏感。
> - 红外传感器也更加敏感和准确。

接下来，让我们比较一下电机的端口，如图3.4所示。

这些差异在智能砖的顶部直接就能发现。NXT只有3个电机端口（A、B和C），而EV3有4个（A、B、C和D）。这意味着，你可以把超过25%的东西移动到EV3上。在USB口你也可以看到一个小差异：NXT

采用B型USB口，与常见的老式打印机和扫描仪相同；EV3使用迷你的USB连接器，像数码相机上常见的那种。

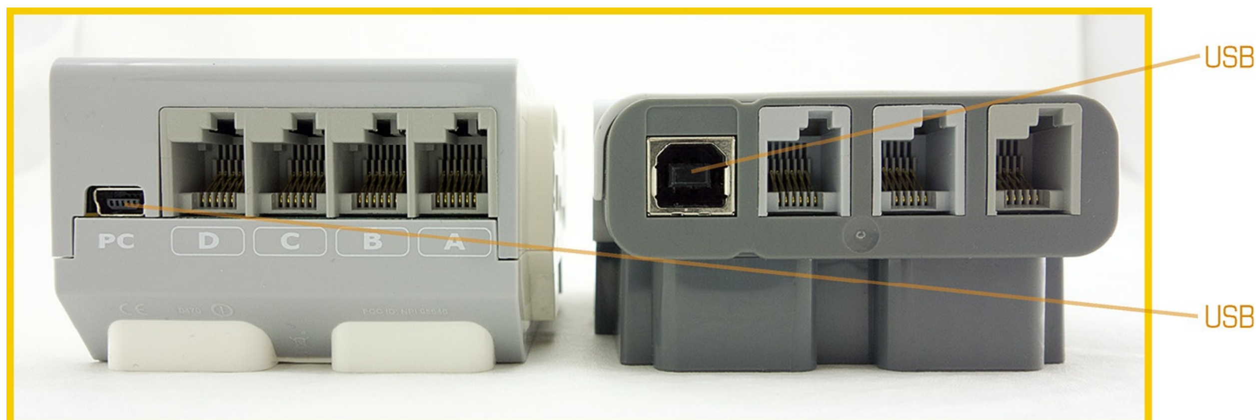


图3.4　注意， EV3比NXT多一个电机端口

你还可以发现，从显示屏的角度来说， EV3的技术是要略高于NXT的，因为EV3智能砖的屏幕比其他的智能砖更先进。另外，这两块智能砖的大小接近，这对于那些适应NXT结构却想尝试EV3的人来说是个好消息。

注意

迷你USB连接不同于目前使用的大多数手机充电器USB连接器的方式，它通常采用微型USB连接器。幸运的是，迷你USB仍然是很普遍的，很容易找到替代品，只要确保不与上述微型USB混淆即可。

3.2.2　侧面

图3.5展示了两块智能砖侧面的扬声器。 LEGO机器人主要的区别在于智能砖的侧面销孔的位置。 EV3销孔的排布使横梁可以更多地连接到智能砖的底面。这只是一个小变化，但它可以使机器人的结构更稳定。



图3.5　EV3和NXT的扬声器都在侧面

图3.6比较了智能砖的另一面，你可以看到一个很大的差异。除了销的位置， EV3还有一个USB口和一个SD卡插口，而NXT在这一边没有任何额外的接口。



图3.6　SD卡插口以及USB口是EV3智能砖上的新设备

有一个SD卡插口可以让你扩展机器人内存，下载文件和有价值的东西，而不是把所有东西都存储在智能砖里。

既然NXT底部已经有一个USB口了，为什么EV3还需要在另一端再设置另一个呢？因为你可以为你的机器人在小的USB口连接软件保护器，这样可以防止它在没有编程的情况下就自主开始运动。另外，大的USB口也可以帮助你把多台EV3智能砖进行菊链。

提示

多余的那个USB口让你可以将多台EV3智能砖连接在一起，前提是你有一台以上的EV3智能砖。这很奇妙——你最多可以把4台EV3智能砖连接在一起。几台智能砖之间会互相通信，这有助于设计更高级的机器人，这也是你在NXT上不能做的事情之一。

举一个例子，你也许考虑做一个可以弹钢琴的机器人。通过菊链另一个智能砖并驱动它们的伺服系统，你就可以增加更多手指来弹钢琴。

3.2.3　编程

对于NXT来说，你的编程选项十分有限，因为你只能把台式机上编的程序导到主机上。在NXT的主机上，你也可以做一些基础的指令，并可以测试电机或传感器的性能，但这不是真正意义上的编程。而在EV3的主机上，你可以实现真正意义上的主机编程，这一功能使得智能砖具有了无限可能。图3.7展示了它在各个模块上的编程能力。

正如你所看到的，额外的EV3按钮对于编程和调试现有程序来说很

重要。这并不能说明EV3对机器人编程来说很容易和自如，它仍然很麻烦，但至少它做得更好。



图3.7　在这里你可以看到编程屏幕

注意

新的EV3桌面编程软件兼容NXT主机，但是一些传感器和功能无法运行，因为NXT的硬件不支持它们。你还可以下载免费的EV3家庭版软件并使用它为NXT编写程序。这意味着学习可以少走弯路，如果你决定升级旧机器人，你也可以保存旧程序用在EV3套件上。

3.3 高级和可供选择的编程软件包

你可以使用带有NXT和EV3两种系统的桌面编程环境，而且也可以使用其他编程语言和编程环境。 NXT和EV3都是开源的，以鼓励更多的编程爱好者加入进来。

> **注意**
>
> 开源意味着软件代码公布给大家，任何人都可以自由使用和修改它。Linux操作系统是开源的，从计算机到手表和手机，一切都会用到它。你可以在GitHub下载EV3源代码，也可以使用和修改这些源代码，网址是https://github.com/mindboards/ev3sources。传统意义上，开源的程序员在做出一些很酷的东西后都会更新源代码以回馈社会，让每个人都能享受这些资源。

在我写这本书的时候，还没有很多EV3编程环境可供选择，但这并不代表它们不在研发当中。下面是一些对于NXT可用的编程软件。

- Enchanting——它采用了基于MIT Scratch的可视编程环境，可以从http:// enchanting.robotclub.ab.ca/tiki-index.php上下载。截止到我写这本书的时候，
Enchanting这个软件还只能用于NXT，不能用于EV3。

- ROBOTC——它是由卡内基·梅隆大学开发的，主要用于LEGO VEX Robotics
比赛的参赛队员，可以从http://www.robotc.net上下载。截止到我写这本书的
时候， ROBOTC仍只能用于NXT（和RCX），不能用于EV3，不过适用于EV3版
的ROBOTC已经在研发当中了。 ROBOTC就像它的名字所表示的那样，是一种
基于C语言的编程语言，它对高中学生、编程极有兴趣的学生或是编程教学确
实都是一个不错的选择。它在成为一种独立的编程语言上也具有优势，将来或
许可以在更多的机器人上使用。 ROBOTC不是免费的，每年需要花费49美元
购买。

- 其他语言——NXT兼容的其他编程选择还有Ruby、 Lua、

Ada、 C以及更多
其他编程语言，起码现在它们还都不能用于EV3。当它们可以在EV3上使
用时，恰好你也成了一名编程爱好者，那么你将有一个很好的理由可以继
续钻研NXT。

> 注意
>
> 在本书写作期间， EV3已经支持Java的一个版本了，它就是leJOS。你也可以从http://github.com/mindboards/ev3dev上下载另一种支持EV3操作系统的软件了，它叫作EV3Dev。 EV3Dev使用的是Debian Linux系统，内部可支持Python、 bash/dash、 Awk、 Perl、Lua以及Ruby。别担心，使用这个你不必删除你当前使用的操作系统。至于EV3Dev，你可以使用SD卡将它载入EV3中。你只需要在不安装SD卡的情况下重启智能砖，然后重置并安装软件即可。

3.4 零件兼容性

NXT和EV3都使用LEGO科技系列的零件，并且在横梁、销和轴方面它们彼此百分之百兼容。在NXT和EV3套装之间兼容和匹配完全不是问题。

> 提示
>
> EV3有更多的弯曲横梁， NXT有更多的直梁。综合两者，你可以全部收藏起来。

3.4.1 传感器

EV3的传感器比NXT的更先进，其中一些，如红外传感器， NXT还没有。正如本章前文提到的，你不能在NXT上使用EV3的传感器，但是你可以在EV3上使用NXT的传感器。如果你有转换电缆，或许也能使用RCX的传感器，但是我不知道是否有人曾经尝试过这样做。

3.4.2 电机

NXT和EV3的电机在外观上有细微的不同，但它们的电机以及系统都彼此兼容。 NXT有3个大型电机，所以如果你兼有NXT和EV3套装，可以将大型电机安装到任意一个EV3电机端口。

3.4.3 电池

图3.8展示了EV3和NXT智能砖的背面。为了方便转换一个设备到另一个，两块

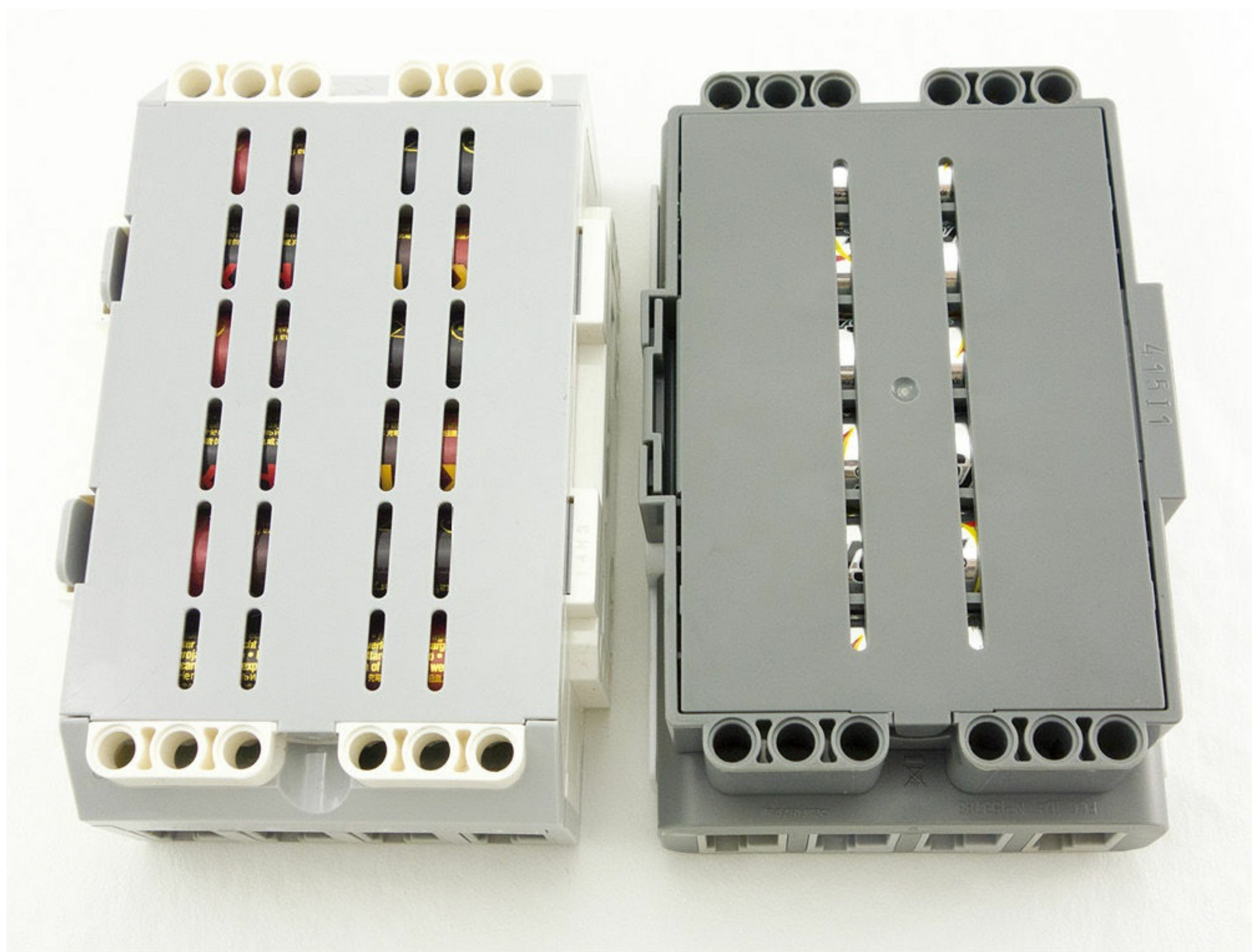


图3.8　EV3和NXT智能砖的背面可以连接梁臂

智能砖的横梁接口在相同的位置。因为它们每个都带有6节5号电池，所以它们的功率也相似。 NXT和EV3有单独的电池组充电适配器（LEGO教育版附带EV3电池适配器），但这些适配器彼此不兼容。如果你想在eBay购买锂电池充电器，一定要确保它合适。

3.5 小结

也许NXT现在已经不再是流行的MINDSTORMS模型了，但是它仍然是一个相当好的机器人。EV3的桌面编程软件兼容NXT编程，而且EV3和NXT套装中的某些零件还可以互相兼容。NXT现在仍被一群狂热爱好者所追捧，这种情况还会持续数年。如果你把你的NXT升级到了EV3，你一定要保存好NXT的零件以增强你的EV3。

第4章　搭建第一个机器人

EV3家庭版中最令人惊喜的莫过于它的说明书中已经几乎提供了所有机器人模型的拼装图。本章将聚焦LEGO MINDSTORM EV3家庭版当下提供的所有可用的拼装模型，而第5章将探索可用于LEGO EV3教育版套装的拼装模型。

你可以以本章作为参考，看看你是否想尝试拼一个EV3的模型，或者选择挑战自我，创造自己的作品。当你能够熟练掌握搭造自己作品的技巧的时候，就可以学习自己编程了。你可以选择下载和使用成品EV3程序，也可以按照任务说明书自己编程。

4.1　下载搭建图

在EV3家庭版的介绍手册里，有一个搭建Track3r的说明。如果你丢了手册，也可以从官网下载Track3r的拼装图以及其他基础套装的拼装图，网址是http://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/starer-robots。

在下载完EV3家庭版的编程软件后，你可以从里面搜索“模型说明”来读取拼装说明，或者使用iPad或是Android设备的平板电脑APP来读取拼装图。

> 注意
>
> 如果选择运行EV3主控机中的程序，需要连接到电脑上的软件再运行程序，而不是下载到主控机上再运行。因为在某些机器人上，已经下载完的程序会显示丢失模块错误。

如果你有平板电脑的话，可以享受由LEGO公司以及Autodesk公司提供的非常奇妙的3D搭建图软件。例如，图4.1所示的这款LEGO MINFSTORMS 3D 搭建App既可以在谷歌Play商店下载到，也可以在苹果应用商店下载到。这款App适用于iOS以及Android系统的平板电脑，但并不适用于手机。

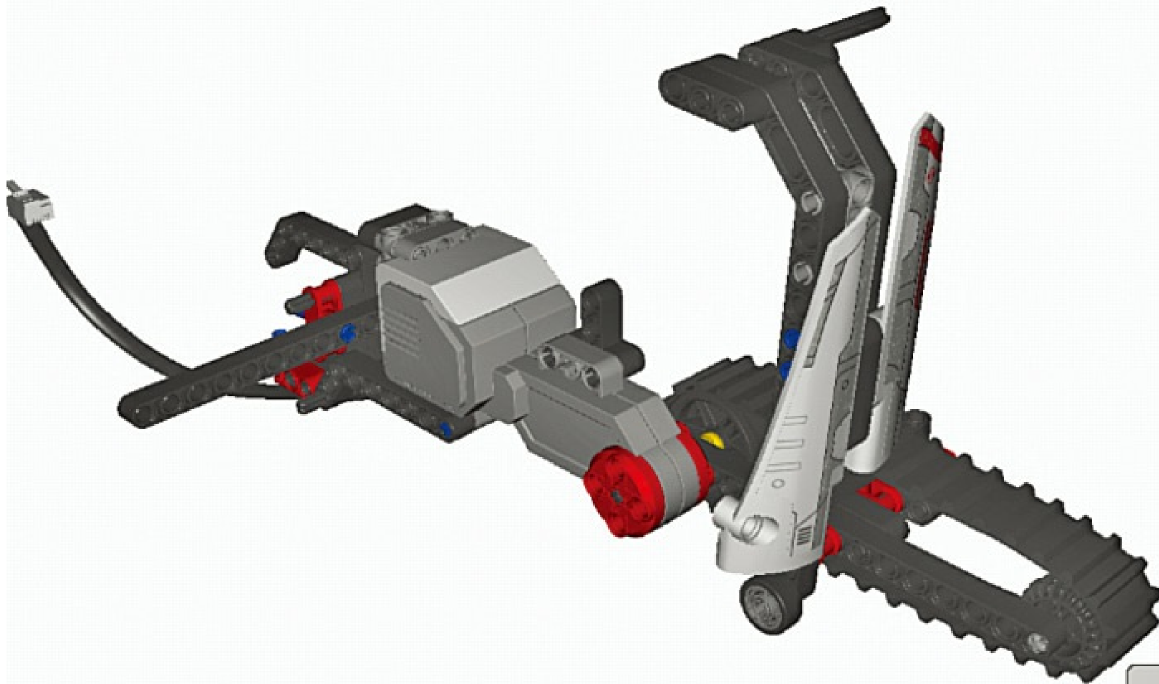


MINDSTORMS
EV3


MISSION 01

EV3RSTORM

56/116







Powered by Autodesk® Technology

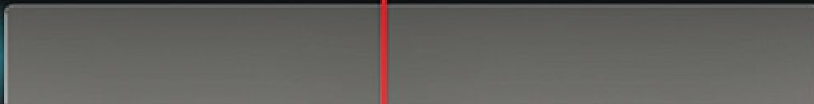





图4.1　当使用LEGO MINDSTORMS 3D 搭建App进行搭建时，每一步都可以多角度旋转

搭建说明是以3D效果展示的，而且你可以用手指旋转所展示的模型，能看到整个模型的效果。这款适用于平板电脑的App尤其适合对LEGO的模式还不太熟悉的新手。

4.2　EV3入门机器人

让我们开始基本的搭建吧。所有的基础机器人的名字里都会有一个字母“e”被数字“3”代替，而所有的机器人安装说明都会分成若干任务来完成搭建步骤或进行编程。

因为有时你会按照别人的图纸搭建机器人，所以这导致它可能很难排除错误。这些任务之间的差异就可以帮助测试你的机器人，小任务也能让你看见小的变化，在不同的目的和功能的机器人上将体现出更大的差异。

4.2.1　Track3r

Track3r机器人是用EV3家庭版拼装的，用于驱动Track3r的程序已经编好并安置在你的主控机里了，无论是家庭版还是教育版，主控机中都有这个演示程序。在之后的章节中，你就会知道它的好处了。当你拼装完履带车但还没有做任何修改的时候，可以用演示程序在场地上进行测试。你也可以按照说明为机器人编程，然后完成其他的任务。在目前的级别中，程序都是比较简单且没有什么修饰的，旨在教你怎么为协调机器人的运动而编程。

你可以用5步来搭建并学习Track3r这个模型，并在完成最后一步拼装后运行演示程序，然后欣赏它是如何做出不同的动作的。

> 故障诊断
>
> 你的机器人为什么不能正常移动？在这一阶段，如果你的机器人出了问题，一般要先观察电池部分以及端口的连接。
>
> 如果机器人处于低电量，那么它的运行会非常迟缓。另外，如果你把传感器或是电机接错了位置，程序就不会驱动机器人运行。

任务1

你可以看到Track3r最终的样子（如图4.2所示）。在它的一端是类似于刀锋的结构，它会快速地旋转。另一端则是红外传感器，它其实起不到太大的作用，主要是提供更好的视觉效果。启动演示程序，你将会看到机器人不停地转圈来展示它眼部的图形，发出响声并自主行动。

它不会走得太远。因为演示程序的设计只是为了告诉你，你制作的机器人是可以运行的。你可以暂时保持这个想法。我喜欢用同样的演示程序去测试我制作的其他机器人，演示程序不仅限于履带机器人（Track3r）。在第7章中，我会告诉你它是怎样运作的。



图4.2　完成任务1的机器人

如果你的EV3盒子中的纸板测试场地已经展开（如图4.3所示），事实上，你可以



图4.3　使用你的赛道测试这个任务

在场地上使用该刀锋和演示程序，将轮胎放在场地上的标记区域，刀锋会使轮胎滚动。在这种情况下，机器人可以自动运行。它不会改变这个模式，这也是第一个任务的一部分。当你构建每一个任务时，你会看到一个可以在你的测试赛道上完成的新动作。

任务**2**

在任务2中，我们去掉了“刀锋结构”，取而代之的是一个滚珠射手，如图4.4所示。你可以在测试轨道的尽头指定的区域内堆放轮胎，而Track3r可以对它们进行射击。只有在你安装好它们并把机器人放在测试场地的指定地点时，它才会发射滚珠。在这里，即使你想对机器人进行不同的修改，也已经没有任何余地了。

> 提示
>
> 请注意滚珠射手的结构是怎样搭建的，因为你可以重复使用相同的方法去搭建自己的滚

珠射手。



图4.4　任务2中的机器人与滚珠射手

任务3

如图4.5所示，在任务3中，你需要取下发球器并添加一个夹持器。如果你把Track3r和轮胎放在测试场地的指定位置，机器人就可以抓起轮胎并放在另一个地方。

> 提示
>
> 这只是创造夹持臂的诸多方法之一，请注意这次的搭建，看看你是否能想出方法在以后

的搭建中提高机器人的握力。

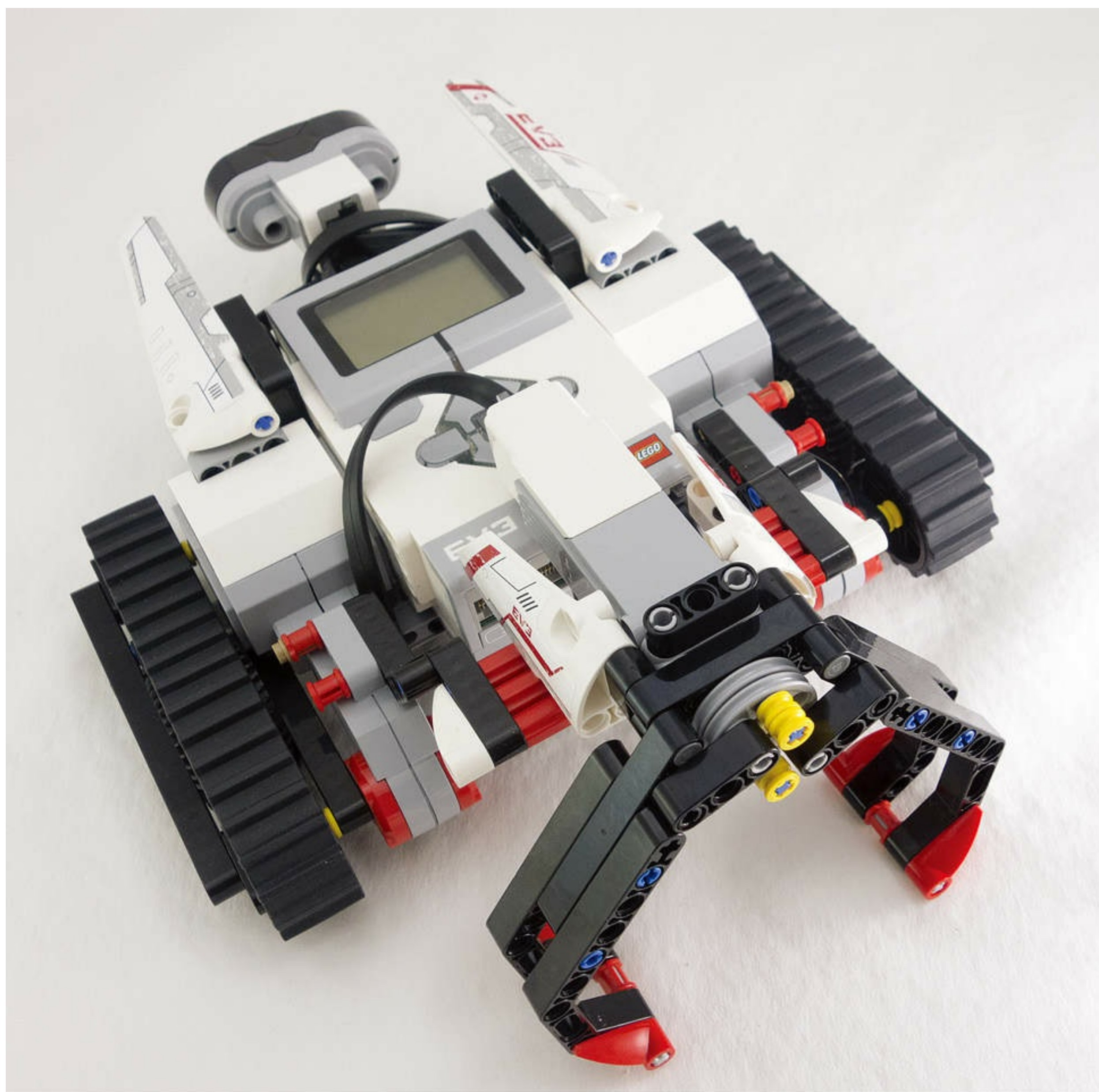


图4.5　任务3中的抓举结构

还是同样的忠告，机器人在这一状态中没有再给你留修改的余地，所以你要确保每一个零件都正确地按照说明拼装好了。

通过这一点，你可以看到一些EV3真正的实力了，这些机器人大体的形状都没有改变，只是在搭建和编程中有细微的变化。如果你做的坦克车已经可以把横梁都撞倒了，那为什么不考虑把这个“刀锋结构”换成一把扫帚并让它帮你扫地呢？如果你做的程序可以达到把小球发射出去的目的，那么你也一定可以设计出一个避免被小球打到的程序。

有些时候，搭建结构的改变也意味着需要改变程序以配合新的搭建结构。反过来也是一样，但这不是绝对的。当你制作机器人的时候，你也许要经历很多次重复的探索，才能找到最为高效的设计。

> 注意
>
> 你能做得最好的事情之一是修改这些指令。曾有一个积极进取的12岁少年班纳吉对绘图仪——Banner Print3r——进行了改装，最终创造出一台便宜的可供盲人使用的盲文打印机。

任务4

图4.6显示了任务4的最终结果。在这个阶段，你可以摆脱轨道实验，在一个平面上使用你的机器人。在这个任务中，一把锤子取代了夹持器。这款 Track3r使用红外传感器来探测物体，并尝试使用锤子击打它们。这不仅是应用红外传感器编程的一个非常好的例子，它也正好展示了中型伺服电机功能的多样化。现在，机器人已经拥有一个发球器、一个旋转刀锋、一个夹持器和一把锤子。



图4.6　任务4中的机器人获得了奇特的锤子

任务5

任务5使Track3r回到最初安装了旋转刀锋的结构，如图4.7所示。不过，在任务5中又增加了对红外线遥控的使用，它可以控制履带车走的方向以及刀锋的旋转。你可以在测试场地上或是任何平滑的表面上测试Track3r。

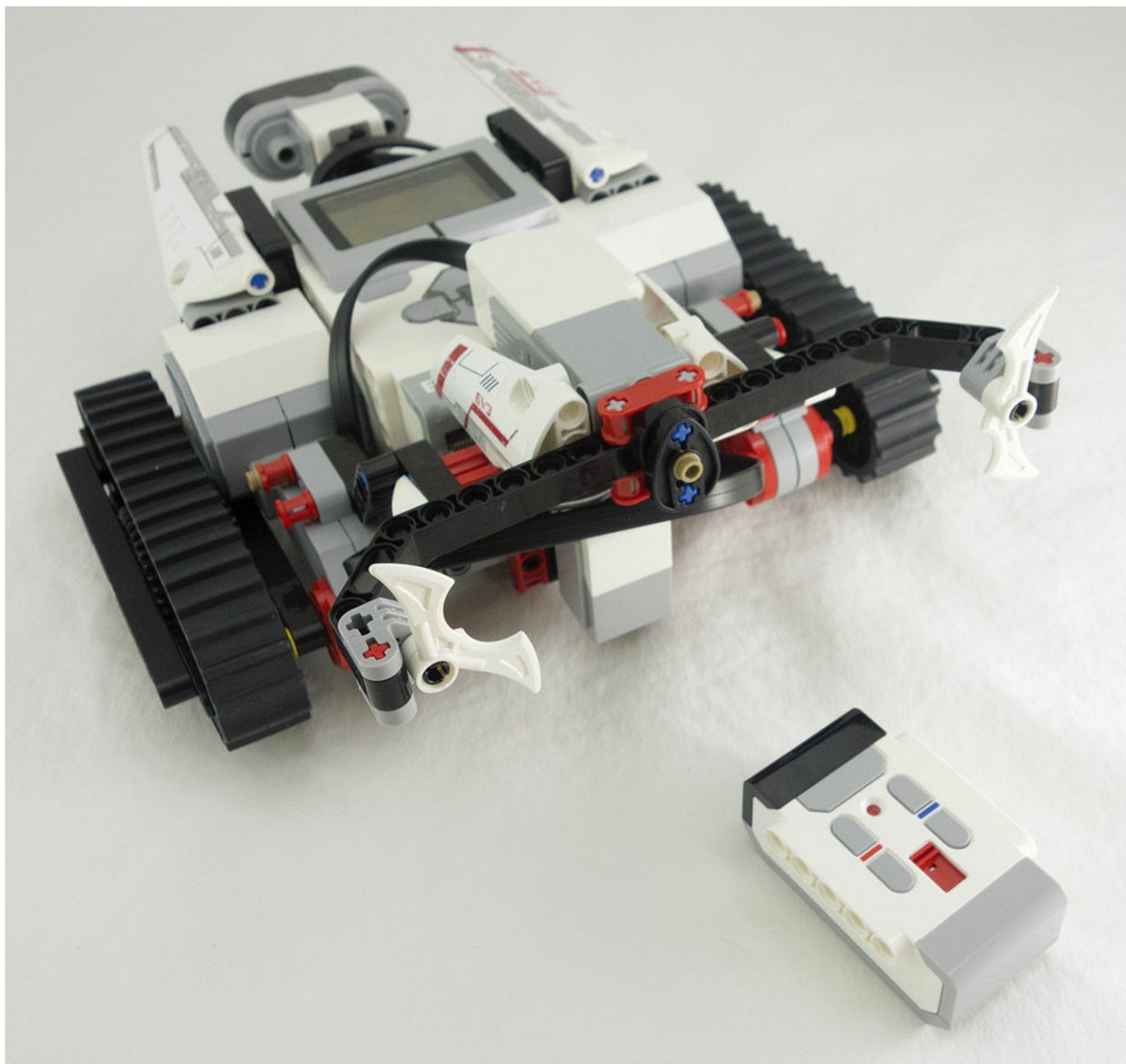


图4.7　任务5重新安装了可旋转的刀锋结构

在这些任务中，你学习了如何搭建Track3r，但也要注意在编程上的不同。

4.2.2　R3ptar

R3ptar是一个蛇形机器人，这也是我喜欢的核心模型之一。这个模型的拼装仅包括两个部分，所以它会拼装得很快。

R3ptar有3个程序：

- 程序1会发出“嘎嘎”的声音效果并使机器人本身移动。这主要是为了测试你在
  任务1中的连接，这也是任务1中唯一能使机器人运动的程序。
- 程序2采用红外传感器检测并攻击蛇形机器人附近的物体。
- 程序3使你可以使用红外信标接收器来手动操控声音和动作。

任务**1**

如图4.8所示，任务1搭建成了一个没有头的蛇。这是一个测试你的机器人的好时机，只需要确认你已经把所有部件都安装正确了。运行程序1可以对声音效果的发挥进行复核，此时机器人的动作有点儿像蛇。如果机器人没有任何动作，那就意味着你必须回去充当故障检修员，检查你的连接和搭建。

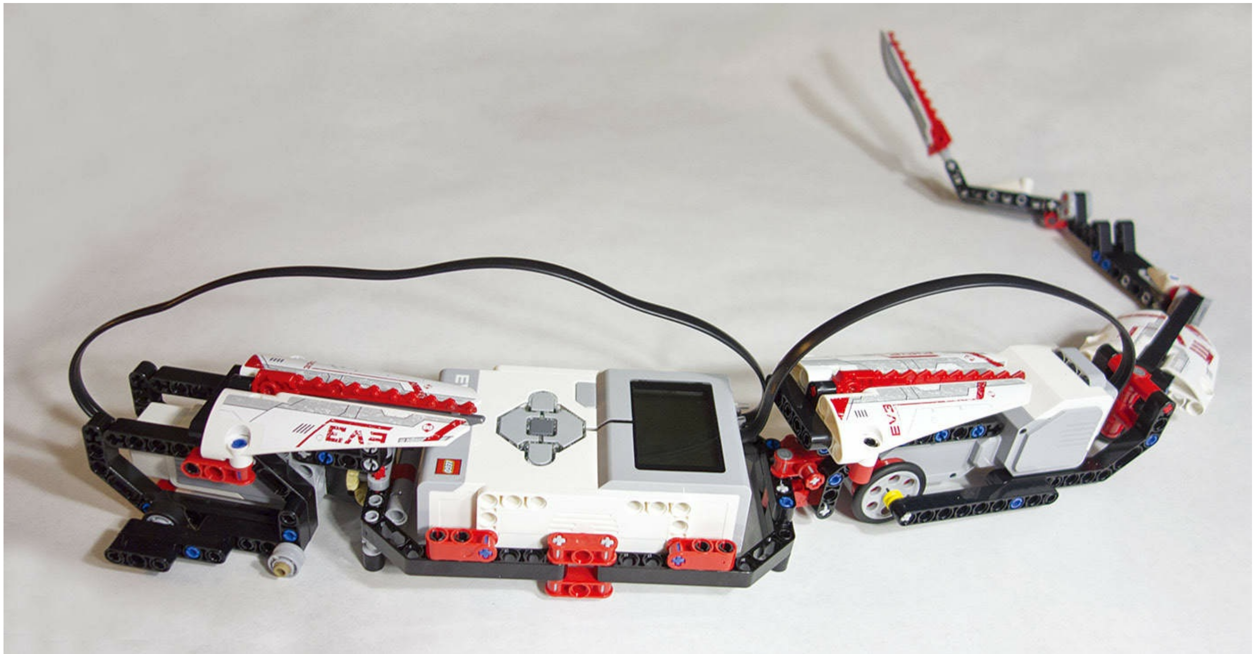


图4.8　无头的R3ptar

任务**2**

任务2完成后，机器人就有头部了，并使用红外传感器做眼睛，锥形的装饰衬套做牙齿，如图4.9所示。

请确保你把机器人放在一个有足够空间的平面上，确保你实验程序2时会有人欣赏到一个蛇形机器人令人惊喜的攻击行为。

> 警告
>
> 和宠物一起测试这个机器人是有些风险的，如果小动物被惊吓到，并且变得有攻击性，那么它可能会损坏你的EV3。

当你启动程序3时，你是完全依靠信标/远程进行控制的。所以在你按下这个按钮之前，它不会再乱撞任何东西了。

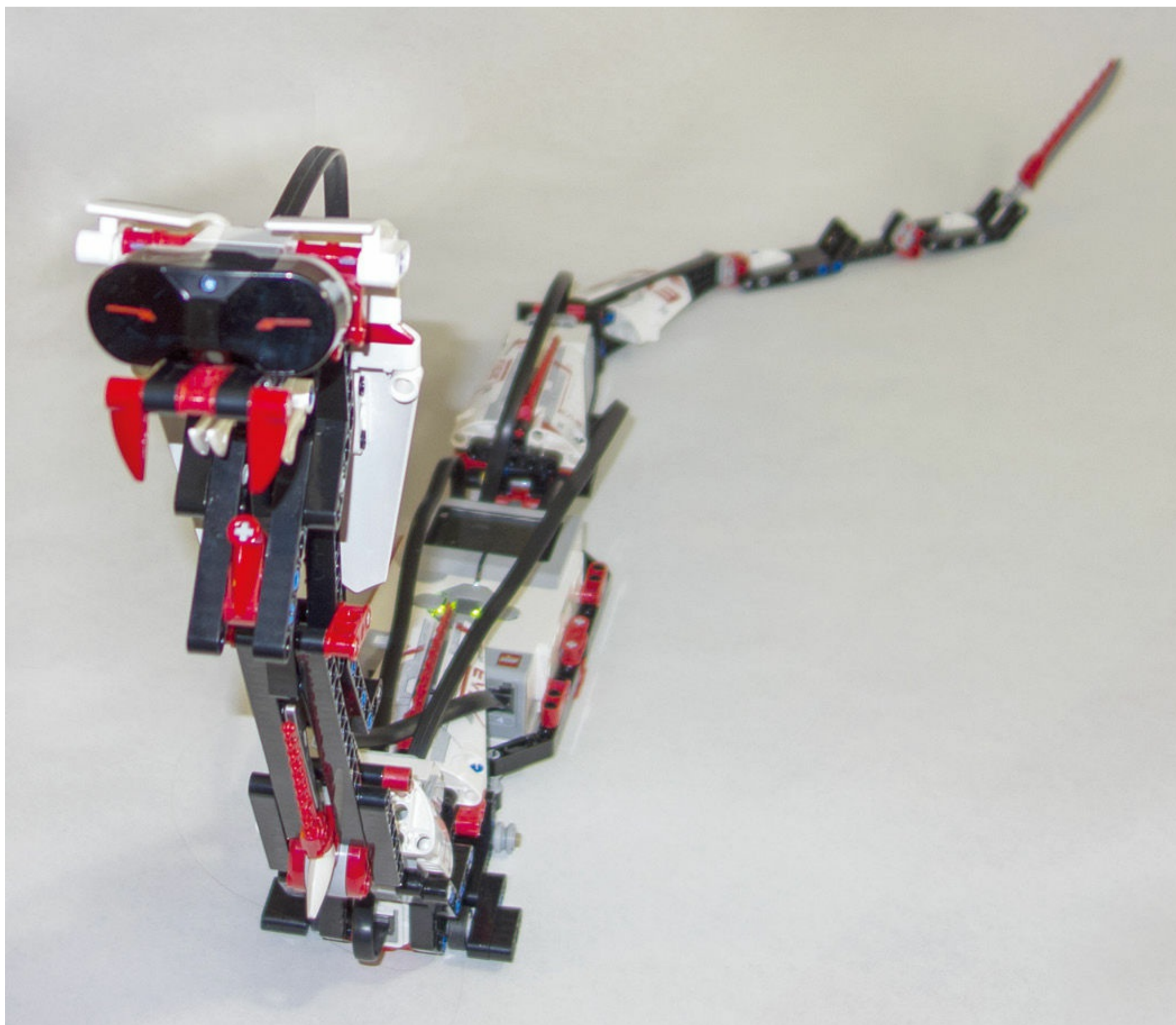


图4.9　最终完成的R3ptor

提示

在LEGO的官方介绍中，对搭建没有任何评价规范，所以最简单的标准就是这些模型的核心任务数。

4.2.3　Spik3r

Spik3r是一只有尖尾的蜘蛛，或是一只蝎子。这个机器人在光滑且宽大的地板上能很好地运行，因为它主要做圆周运动而且可以发射小球。由于你搭建的这个复杂的项目需要完成超过5个任务，所以要为这个机器人的搭建准备更多的时间。

任务1

如图4.10所示，任务1只不过是搭建能够射出球的蝎子尾巴。这让你有机会在完成其余的搭建前解决尾巴的问题。这是一个好的方法，当你搭建任何项目时，这些演示会使机器人的概念更具体。

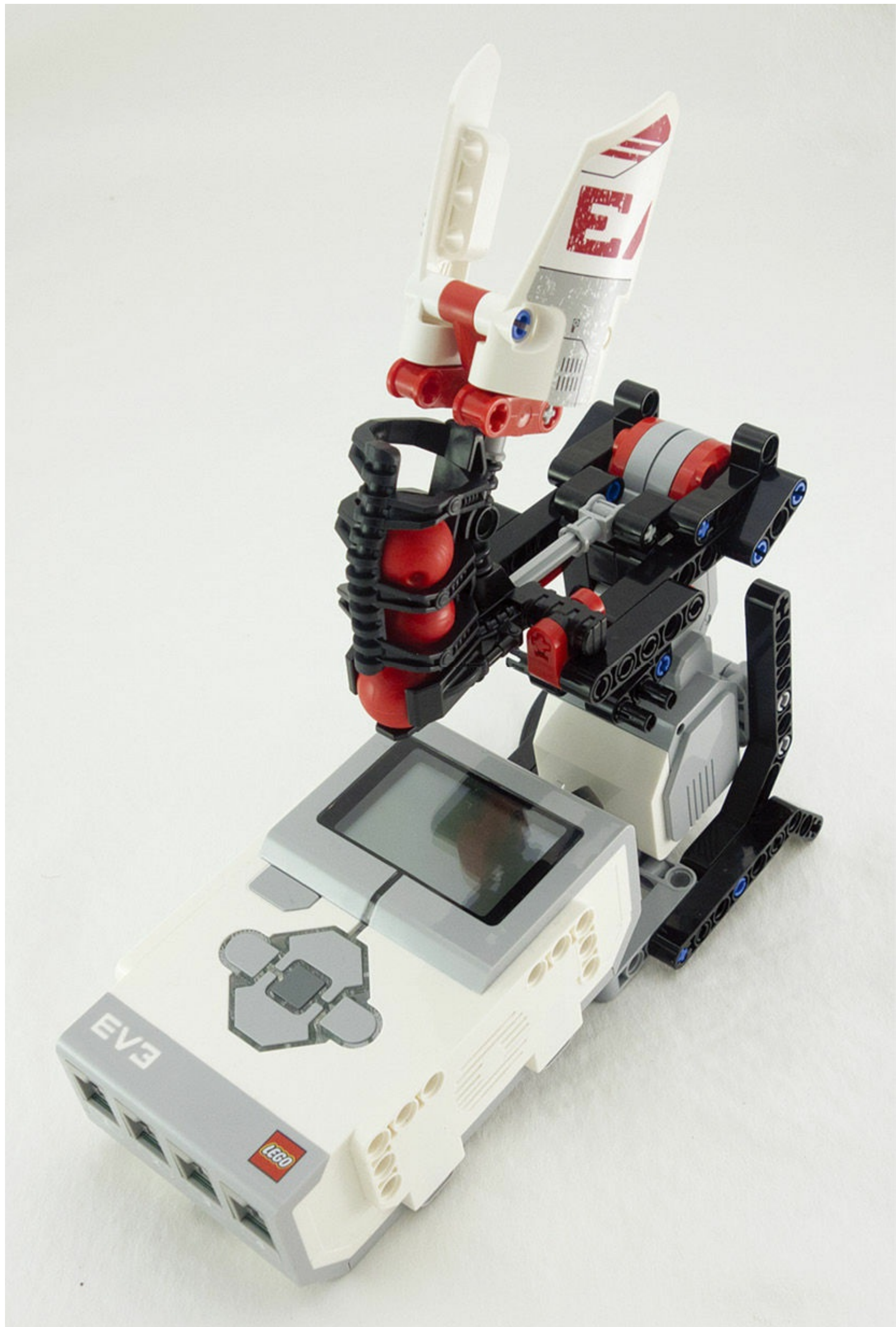

EV3
LEGO

图4.10　完成任务1

任务**2**

在任务2中，你为机器人添加了6条腿，如图4.11所示。编程任务除了测试发球器以外还有腿部动作。

就此看看腿部的搭建方法。这里总共有6条腿，但只有两个大型伺服电机，因此腿部动作不得不以分开的方式进行，看起来基本上仍像是昆虫的动作，但是可以允许同一个电机控制多条腿。

任务**3**

在任务3中，你将在Spik3r的前面加上蝎子的钳子，如图4.12所示。在程序中，这些钳子被用来进行“攻击”，尽管在这一点上“攻击”一词不是特别恰当的引导。


EV3

图4.11　任务2增加了腿的部分

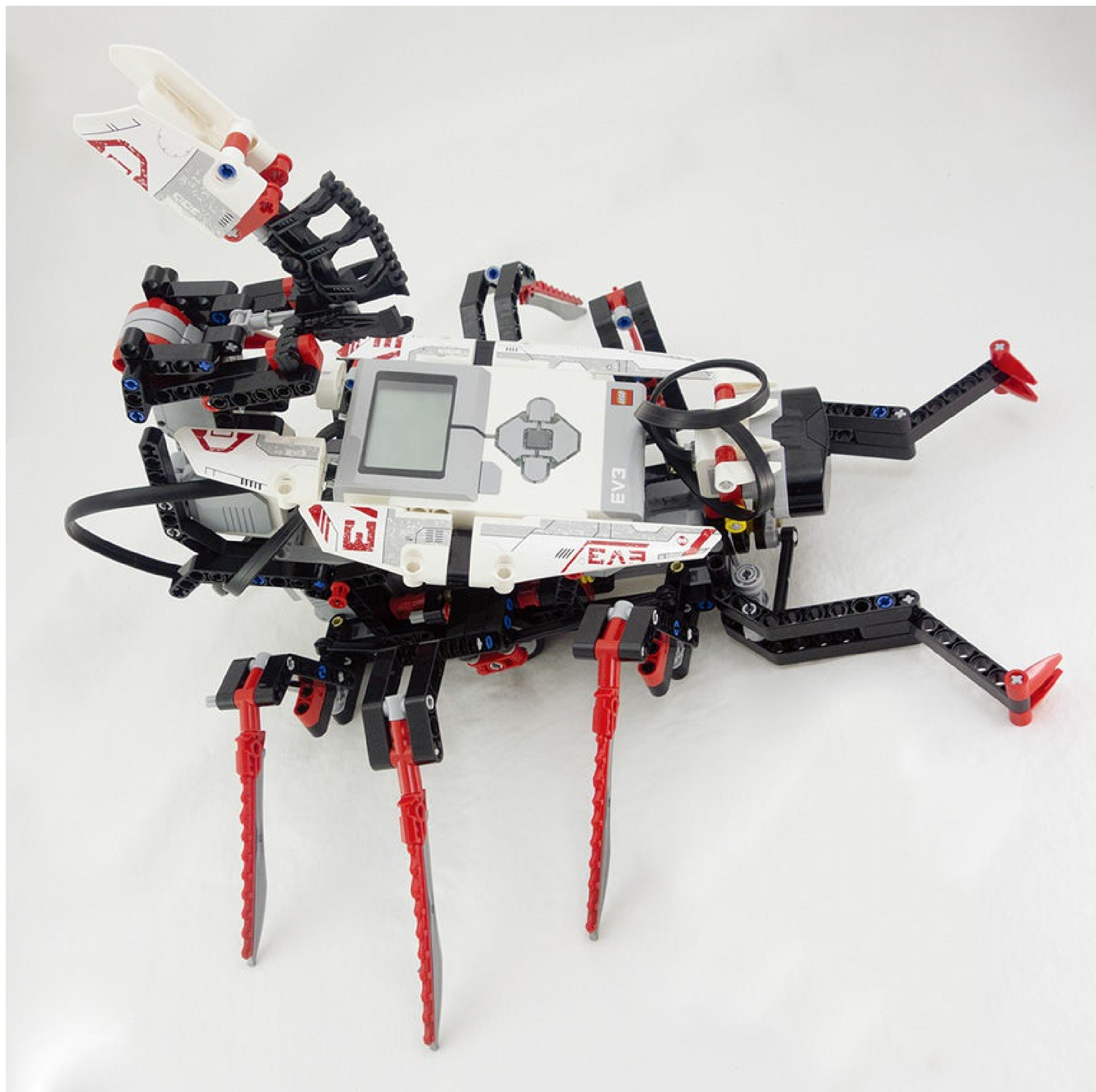


图4.12　任务3添加了蝎子的钳子

任务4

任务4添加了红外传感器控制，还可以搜索物体并用钳子和发球器尾巴进行攻击。这是一个独有的功能。图4.13展示了这种搭建，最终它可以搜索并攻击红外信标接收器。

图4.13　任务4和任务5的完成图



任务5

任务5把红外线遥控器变成了一只可爱的“虫子”，如图4.13所示。在这个机器人配套的编程中，设置了追踪红外线信标的功能，所以机器人会搜寻这个“虫子灯塔”，并向它发射小球以及用钳子攻击它。这就是所有的任务加起来要让机器人达到的效果。

4.2.4 Ev3rstorm

Ev3rstorm是一个要经过6项任务搭建完成的朋克摇滚风格的滑板机器人。不同于一般的坦克要依靠履带驱动，这个滑板机器人有腿，并且可以完成滑行的动作。这个机器人也是所有基础的搭建方案中最像真人的，它还在EV3盒子的封面上有展示造型。搭建这个模型既复杂也很耗时，因为它要用到很多的梁，所以不要丢失任何零件并且留出几个小时的搭建时间。

在Ev3rstorm的搭建中有6个任务，这也表明搭建这个模型需要很长的时间。

> 提示
>
> 当你测试Ev3rstorm时，也要找一个宽大的、干净的、坚硬的地面。

任务1

如图4.14所示，任务1安装了有坦克履带的腿。程序检测机器人是否可以采用“8”字图案实现滑行动作，并以此来确定安装配置是否正确。

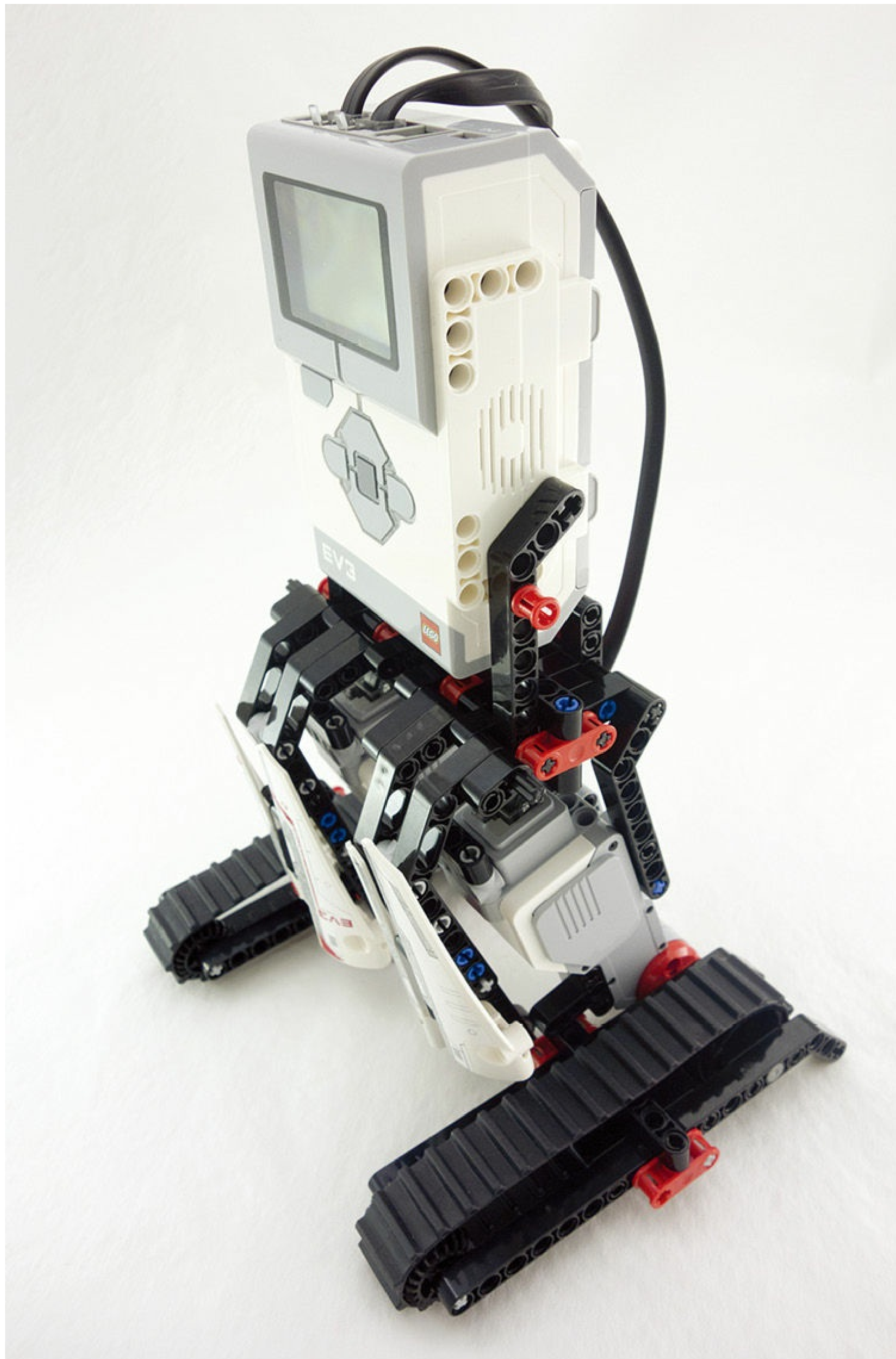

EV3

图4.14　任务1只有一双溜冰鞋

任务2

在任务2中，你的机器人看起来已经初具人形了（如图4.15所示），因为它添加了胳膊以及一个类似于钳子的结构。这个部分的程序利用触动传感器来启动，简称滑行模式。这次不再是任务1中所采用的那种8字图案了，机器人的手臂和钳子只是作为装饰而已。如果你想让它们运动起来，还需要一个额外的电机。

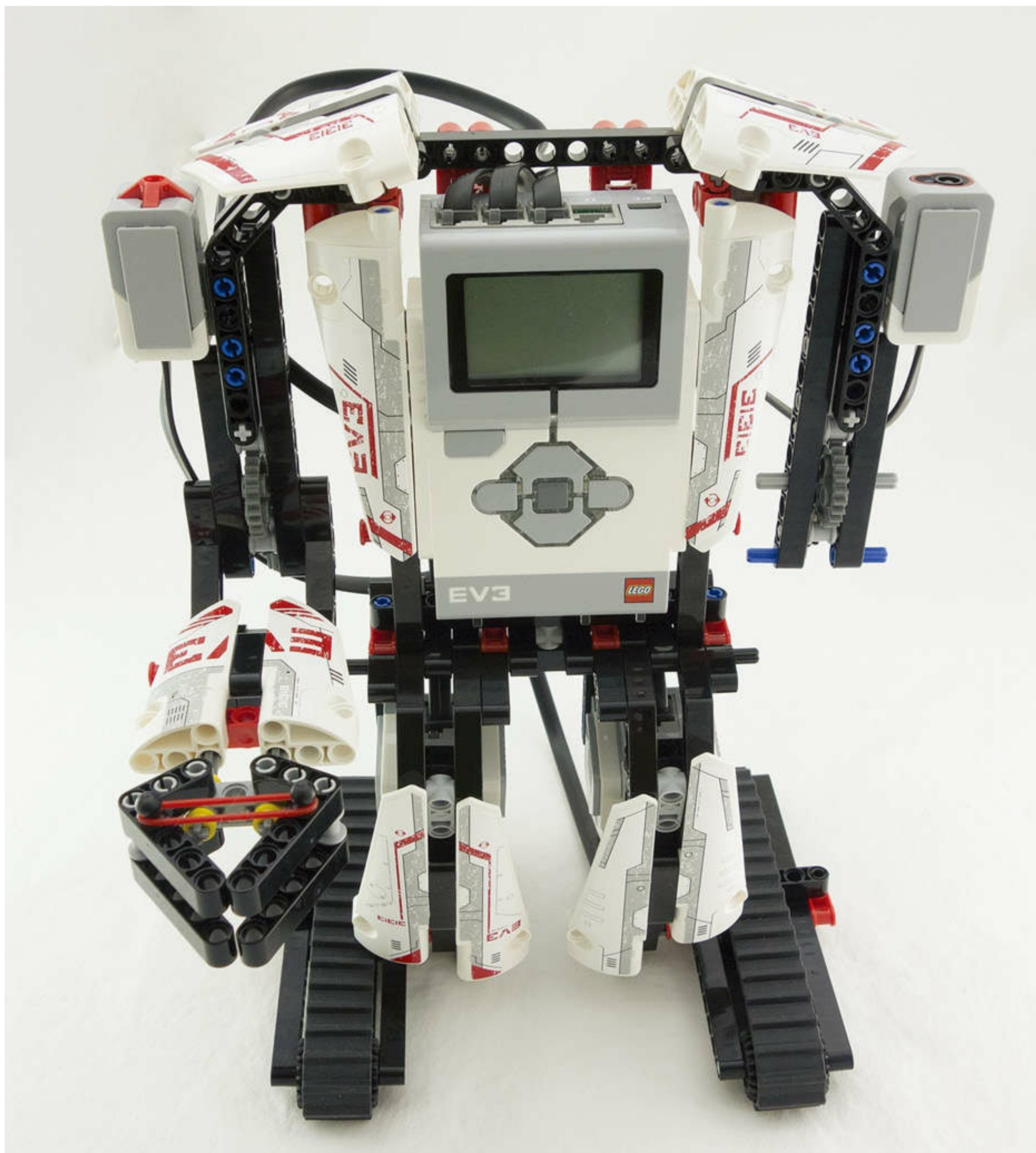


图4.15　搭建效果看起来已经初具人形了

任务3

在任务3中，你会加入一个旋转的刀锋手臂，如图4.16所示。这个结构既可以用触动传感器，也可以用颜色传感器来控制机器人的移动。遥控器将在后面被使用，不过这个机器人目前还没有安装红外传感器。

任务4

任务4添加了红外传感器作为附加的眼睛（如图4.17所示）。这个程序使用红外传感器，还有触动传感器或颜色传感器，以感觉和躲避它前面的物体，所以你可以在机器人的前面挥手以改变它的行进方向。



图4.16　这个机器人滑动并且可以被控制


EV3
EV3

图4.17　现在你的机器人已经基本上搭建完成了

任务5

在任务5中，你可以把原来的刀锋手臂换成一个滚球射手的结构，这是机器人的攻击装备，用来打击目标。我建议你用一个塑料恐龙或是其他的玩具来测试你的EV3rstorm能不能发现并击打它们。

任务6

如图4.18所示，任务6在结构上与任务5没有任何区别，只是增加了红外信标接收器，就像你在Spik3r的任务5中所做的那样， EV3rstorm将会寻找红外线信标传感器，然后发射小球来攻击它。

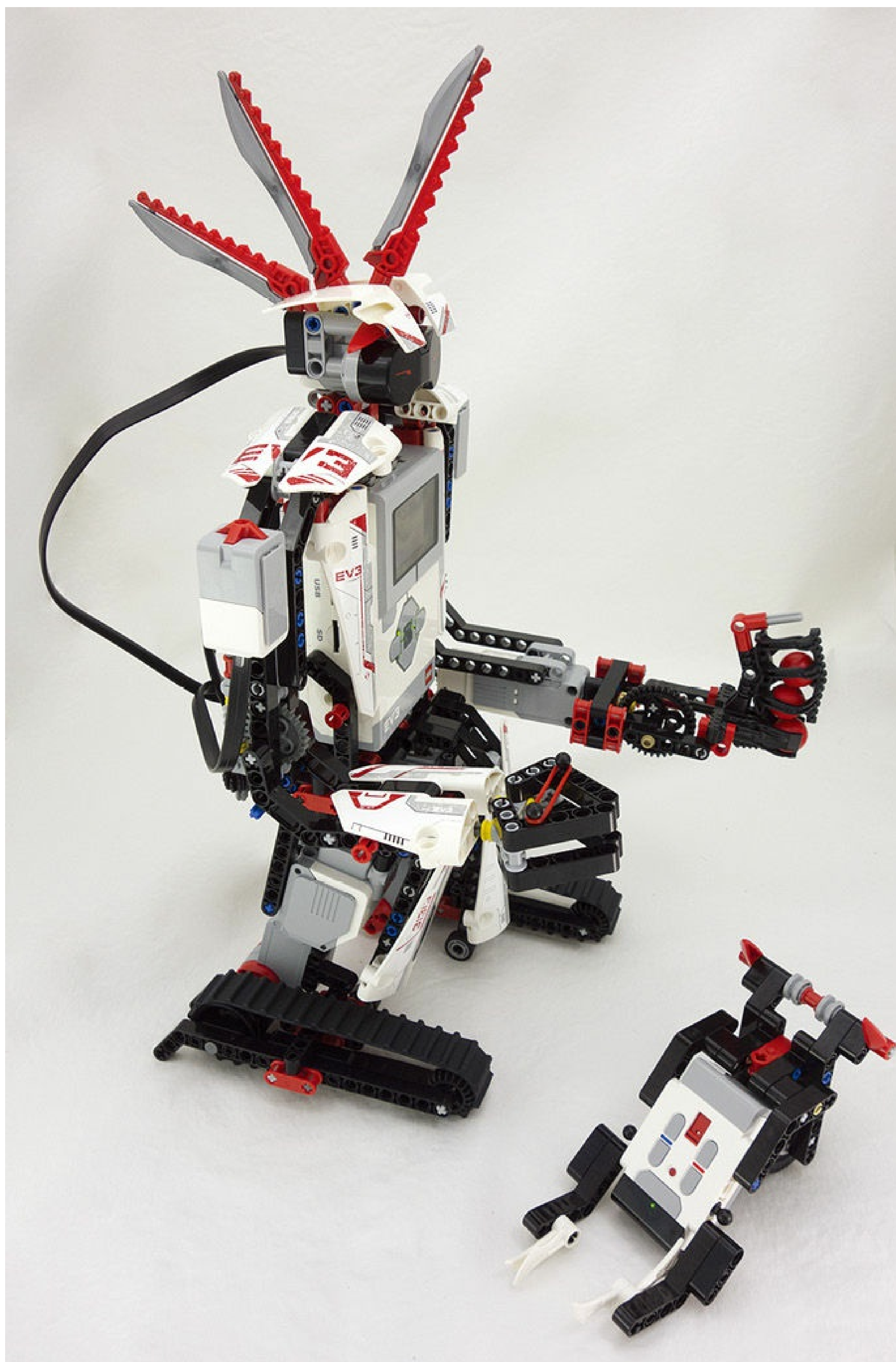

EV3
USB
SD

图4.18　任务5和任务6的机器人是一样的，唯一的区别在于红外信标接收器

许多EV3爱好者发现，这个作品既让人惊叹，也让人为其搭建过程感到困难，因为它要用到很多零件，并且这些零件都是需要在多个任务之间被换掉或者去除的。

4.2.5　Gripp3r

正如它的名字所暗示的， Gripp3r是一个夹持机器人。它是一个仿人形的机器人，有尖锐的头和红外传感器的眼睛。这里还有几个搭建时发现的小问题，当Gripp3r举起一个物体时，塑料翼形部件会卡在履带上，这意味着它会使棘轮产生杂音。幸运的是，这个问题你可以安全地忽略，因为它似乎不会损坏机器人。

任务1

就像搭建其他机器人的第一个任务一样，你只搭建并测试一个单一的部分，即抓举臂（如图4.19所示）。

> 提示
>
> 如果你以后想要搭建更多复杂的结构，那么搭建这个机器人将会是一个很好的练习。你可以从自己认为最难的部分开始搭建，然后对它进行测试并确保一切都进展顺利，最后再去搭建机器人的其他部位。

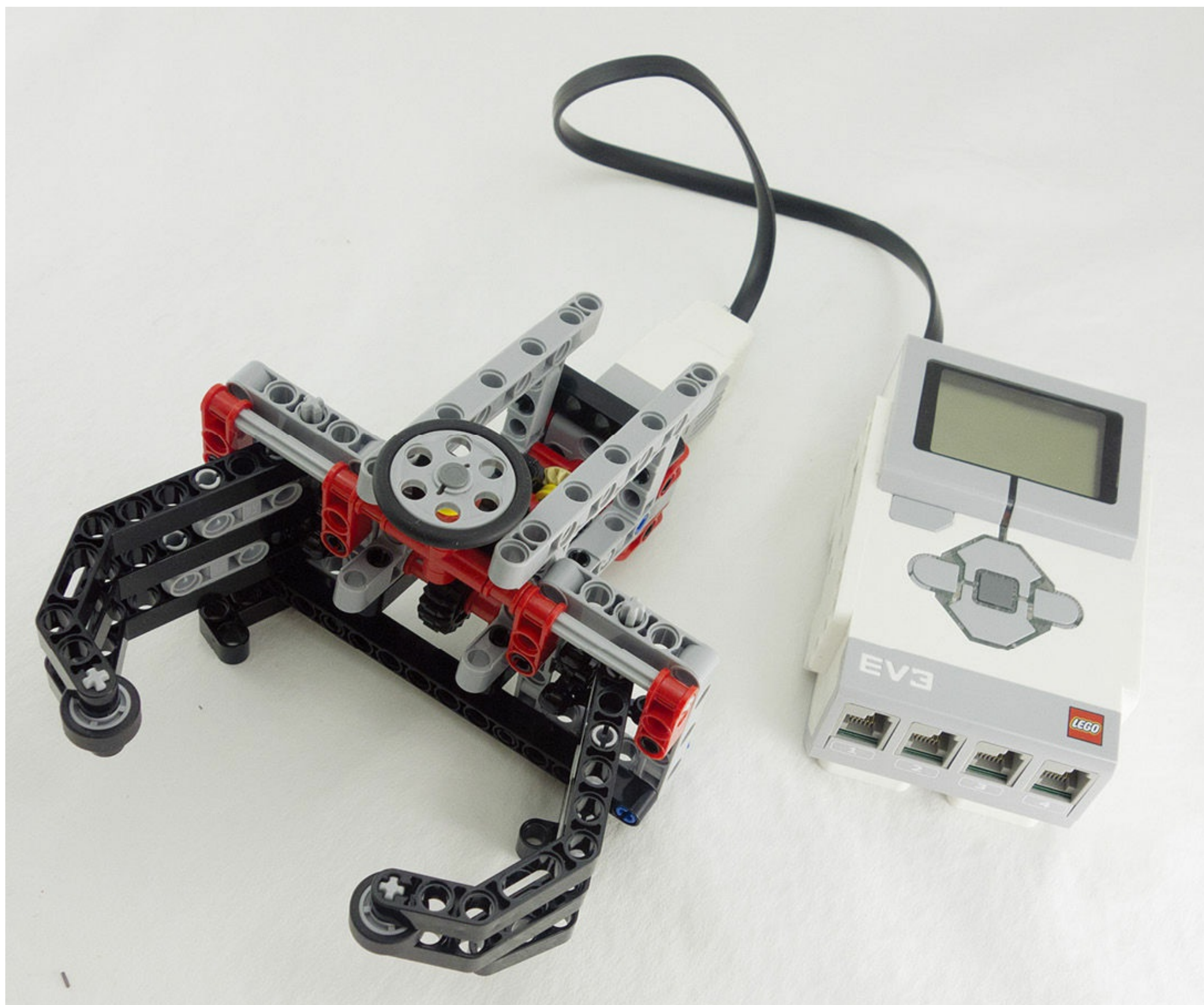


图4.19　在你搭建其余的部位前，先测试这个抓举臂

任务2

如图4.20所示，在任务2中把你在任务1中制作的抓举臂和履带结合起来，并添加一个堆积的轮胎目标供Gripp3r抓举。

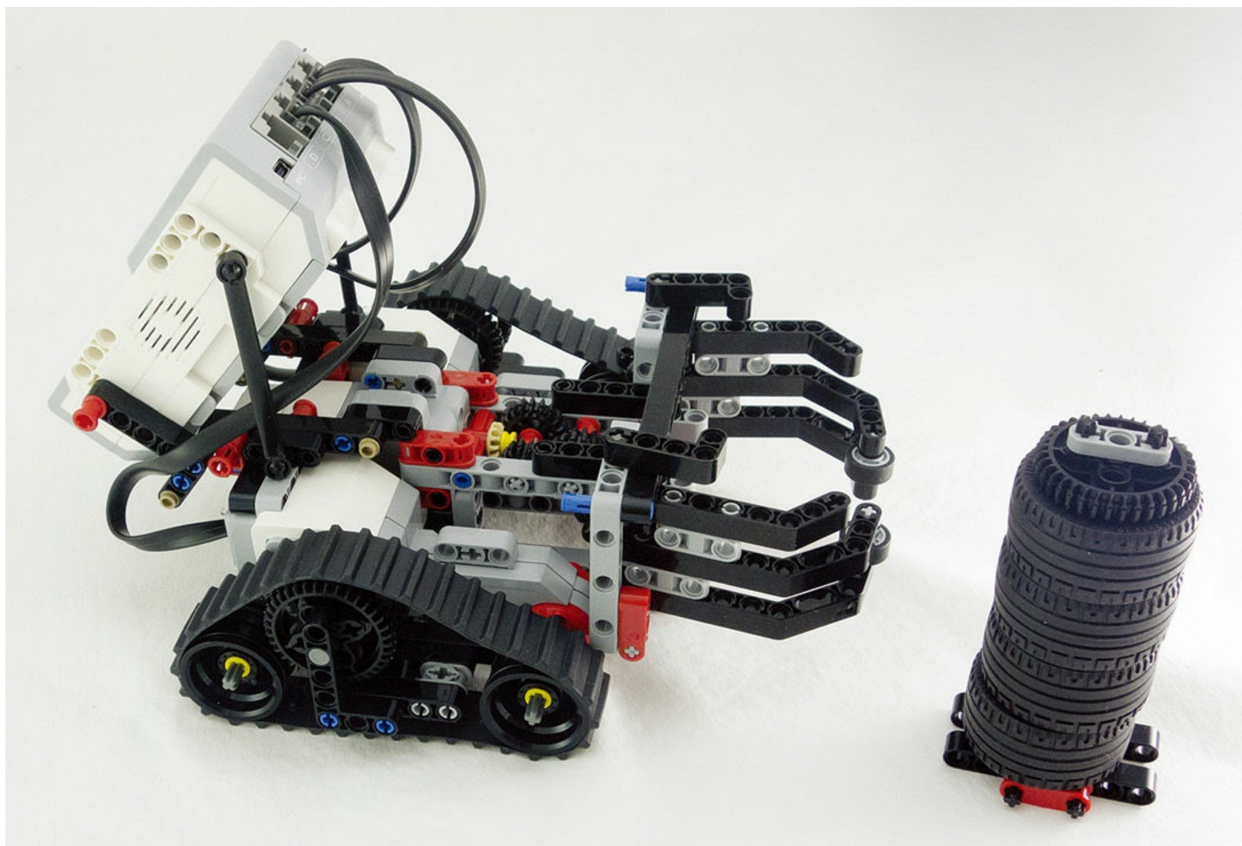


图4.20　抓举臂和被抓举的对象

任务3

在任务3中，你基本上完成了带有红外传感器和锥形发型的Gripp3r的搭建（如图4.21所示）。

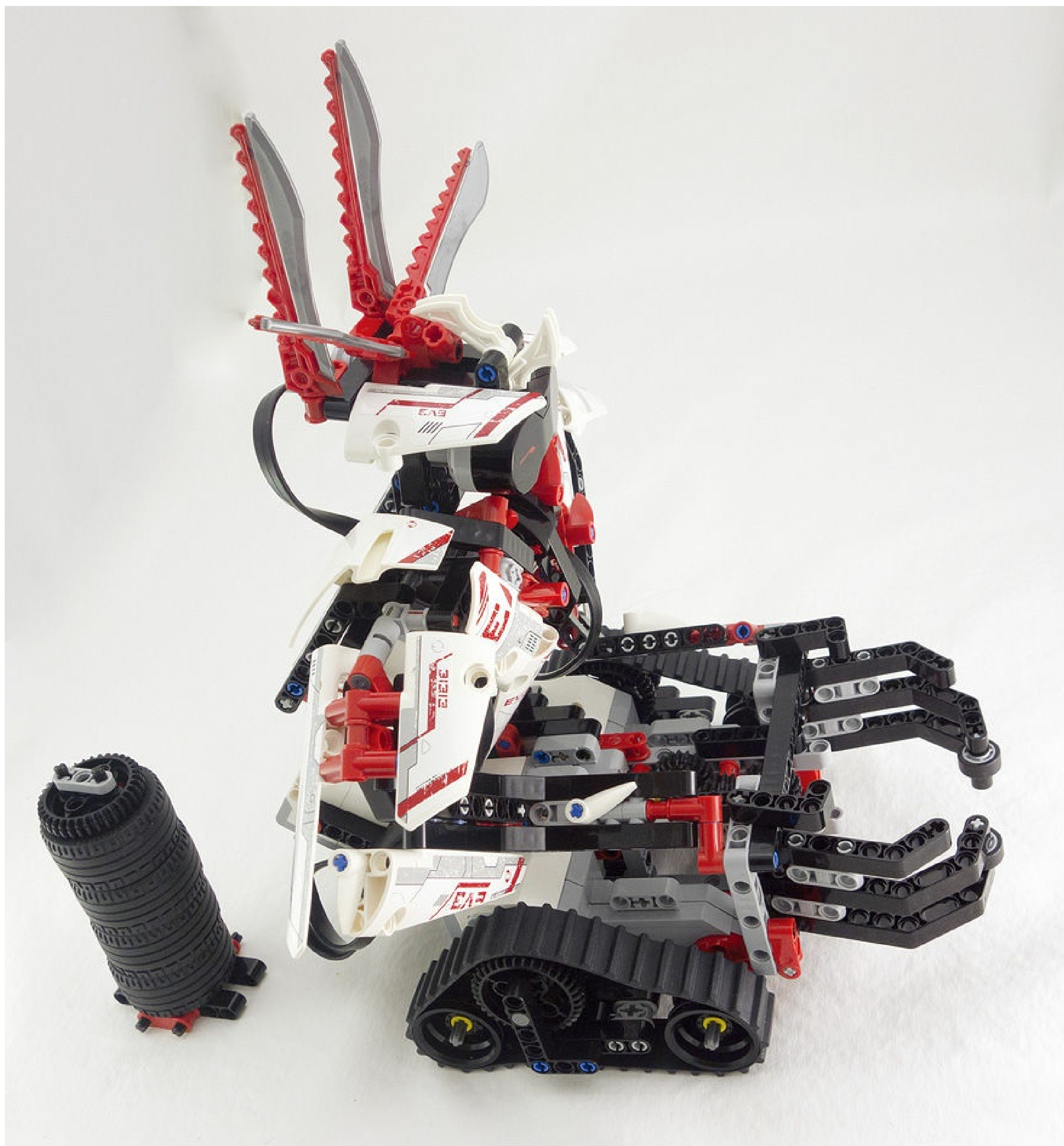


图4.21　在这种情况下，智能砖实际上放置在机器人的背部

任务4

任务4加入了红外线遥控器（如图4.22所示），请尝试让这个机器人抓起番茄酱瓶或是其他东西，并观察它的抓举结构是怎样运行的。



图4.22　在搭建完这个部分之后，你可以用红外线遥控器控制它

4.2.6　更多的机器人

MINDSTORMS的测试人员和高级用户也创造了很多机器人搭建说明。这些指令可在http://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/ev3/31313上找到，这些都是用户提交的。你可以在浏览器里下载它们或在EV3家庭版软件的大厅里选择“更多的机器人”选项。在第12章中，我会更详细介绍这部分内容。

下面是在我写这本书的时候列出的有关机器人搭建说明的清单，详细的清单和图片可在本书后面的附录里看到。

Banner Print3r

Bobb3e

dinor3x

el3ctric Guitar

ev304

ev3game

ev3meg

kraz3

mrb3am

rac3truck

robodoz3r

wack3m

4.3　小结

在本章中，你已经学习了LEGO EV3家庭版最基础的搭建模型，同时经历了搭建这些模型的过程并看到了最终的结果。在拼装的过程中，你要从搭建中吸取经验，并为以后创造并搭建自己的机器人提供灵感。有些时候，完成这些任务主要是为了作一些测试，但往往很快你就能具有改变一个项目的能力。下一章将会对LEGO EV3教育版的机器人模型搭建作一系列介绍。

第5章　搭建LEGO教育版机器人

第4章覆盖了EV3家庭版的一些模型以及它们的搭建任务。如果你购买了EV3的LEGO教育版，则这些模型和指令对你来说也是可用的。如本章所介绍的那样，这些模型不同于以往所见过的，虽然它们的套装本身只存在细微的差别，但是这些搭建仍然会使你感到非常激动。LEGO教育版的编程软件是单独销售的，而且没有平板电脑搭建图和说明书，至少在我写这本书时还没有。

如果你购买了含编程软件的LEGO教育版套装（比普通装贵99美元），你就可以得到说明书和模型，并将它们用于构建基础模型和程序。 LEGO教育公司还销售其他的模型、配套软件，并提供教学方案的下载。如果你是一名教师或是LEGO团队的领导者，这些将会是不错的选择。如果你是个人玩家或只是以此为爱好，那么你通常只会选择教育版以及LEGO教育的额外配件。你可以在Robot Square网站上得到所有的教育系列搭建图纸，网址是http://robotsquare.com/2013/10/01/education-ev3-45544-instrction/。

> 提示
>
> EV3家庭版的编程软件是免费的，并且可以与LEGO教育版的EV3兼容。不过，你需要为陀螺仪以及超声波传感器下载额外的编程模块，网址如下：http://www.lego.com/en-us/mindstorms/downloads/software/ddsoftwaredownload。

5.1 教育版运载车

图5.1展示的就是教育版运载车，它由一个最基本的运载机器人和几个附加组件构成。图5.1展示了这个小车展开时的形态，它加入了一个中型电机控制的升降臂、陀螺仪传感器、颜色传感器、超声波传感器和彩盒，它能被抬起或依据颜色向颜色传感器传输命令。只要你购买的套装中有教育版的搭建说明，就肯定会有这个模型的搭建图。关于搭建这个模型的全部说明书都在用户手册里。

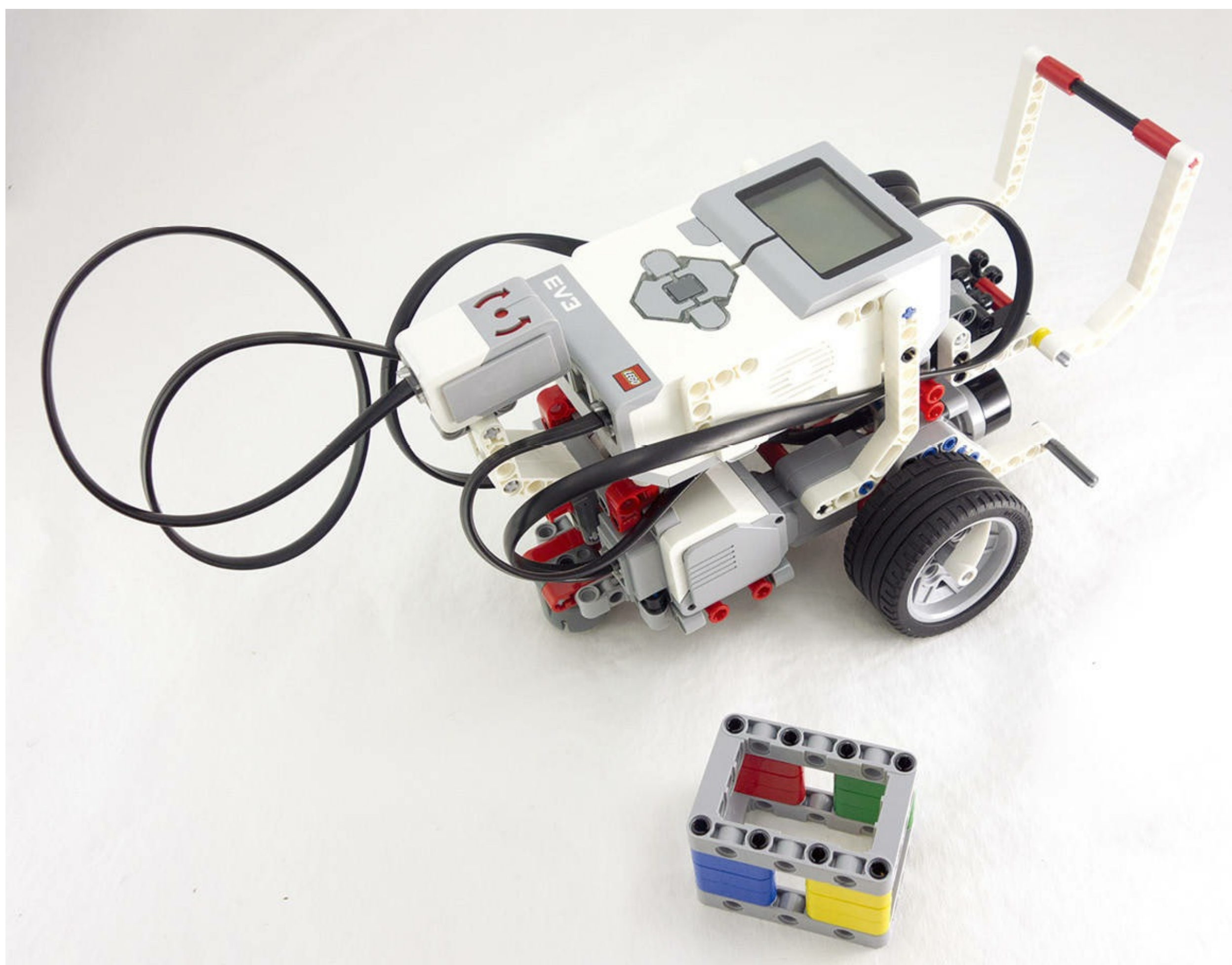


图5.1　已经安装了升降臂的教育版运载车

这个机器人是一个非常基础的设计。教育版运载车的意义在于它的搭建十分基础，不用在程序的考虑上花费太多时间，这也是你进入编程领域的一个开始。

在第6章中，你将尝试用EV3的家庭版套装拼装出一个教育版运载车，并且在第7章中学习去为它编程。

教育版运载车是一个非常好的入门模型，因为你可以做很多不同的任务。在第7章中，我将会配合一些任务更加全面地讲解教育版运载车，并说明如何为它编程。但是，图5.2已经展示了一个程序的例子，这个程序是让教育版运输车在发现一条终止循环的黑线前，一直保持向前移动。

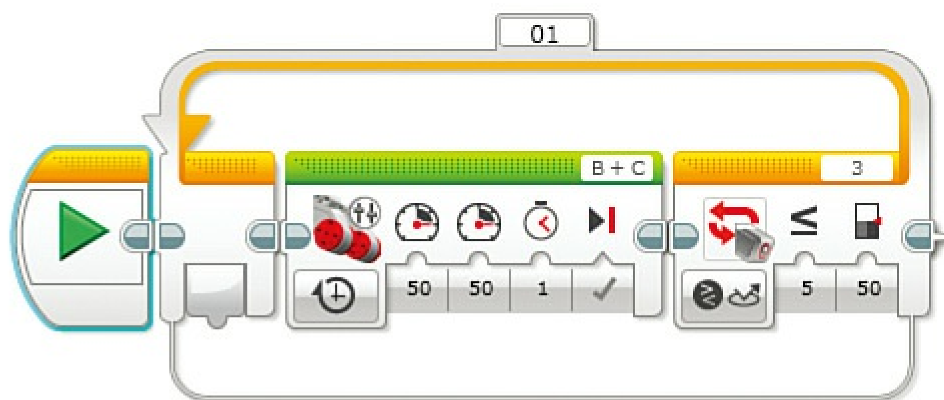


图5.2　这是一个非常简单的循环结构，可以使小车在黑线处停止

当你的搭建逐步深入的时候，机器人上最重要的部分应该就是它的万向轮了。第2章介绍了LEGO EV3教育版套装的零件，其中的一个部分就是可放入LEGO托槽的一个球形滚珠。这个零件（如图5.3所示）可以进行简单的滚动摩擦运动，在教育版运载车中，它被作为轻型机器人的第三个轮子来使用，安装了球形轮之后，小车就可以在光滑的平面上平稳且快速地转弯。在第6章中，你将会尝试为没有球形轮的机器人创造一个万向轮，但是它不会像万向轮或是脚轮那样走得那么好。如果你购买的是EV3家庭版的套装，你就可以从LEGO教育以15美元的价格购买两个万向轮。



图5.3　脚轮，也叫作科技球形轮

5.2 陀螺男孩

陀螺男孩是我在基础搭建方面——包括家庭版和教育版——最喜欢的机器人。这不仅是因为它有一个可爱的人形，更因为它能够在两个轮子上保持平衡并行走的能力给我留下了深刻的印象。这个人形机器人如图5.4所示，我们借助陀螺仪传感器帮助机器人在两个宽轮子上保持平衡。当这个机器人保持平衡不动或是在校准传感器时，主控机的屏幕上会出现两个处于睡觉状态的眼睛。当机器人开始运动的时候，眼睛将会张开，如果机器人摔倒了，那么它的眼睛将会十分滑稽地变为两个“X”。



图5.4　处于休眠状态的陀螺男孩机器人

陀螺男孩 使用了教育版中包含的所有类型的传感器，陀螺仪传感器是为了使机器人保持平衡的。其中一个触动传感器（教育版套装有两

个触动传感器）被安装在机器人的后边，用来启动程序。超声波传感器是陀螺男孩的一条手臂，它可以确保陀螺男孩不会撞到其他物体或是墙上。另一条手臂上装有颜色传感器，它的作用是通过颜色对机器人发布指令。

> **提示**
>
> 当你的搭建越来越复杂时，你可能想用一些胶带标记数据线。使用带有很多颜色的电工胶可以作为标记数据线的一种简单方法，这有助于你将数据线连接到正确的端口。

在图5.4中，有一个你看不到的装置，那就是陀螺男孩在不保持平衡时需要用到的支撑架。在机器人上还有一个触动传感器，它就安置在支撑架的上方。图5.5展示了这个支撑架，它也可以当作陀螺男孩的控制器。在你使用陀螺男孩的时候，先把它放在支撑架上，然后启动程序。如果机器人的眼睛是闭着的，那就表示它正处于休眠状态。启动程序后，机器人会有一个短暂的停顿，随后离开支撑架，开始在自己的两个轮子上保持平衡，就像Segway自平衡体感车一样。在机器人已经保持平衡之后，你就可以把支撑架拿走，然后使用它对机器人发出指令，以给颜色传感器展示不同颜色的方式来改变机器人行走的方向和路线。注意不要把颜色块使劲按在传感器上，只需要将它置于颜色传感器可控的范围之内就可以了。

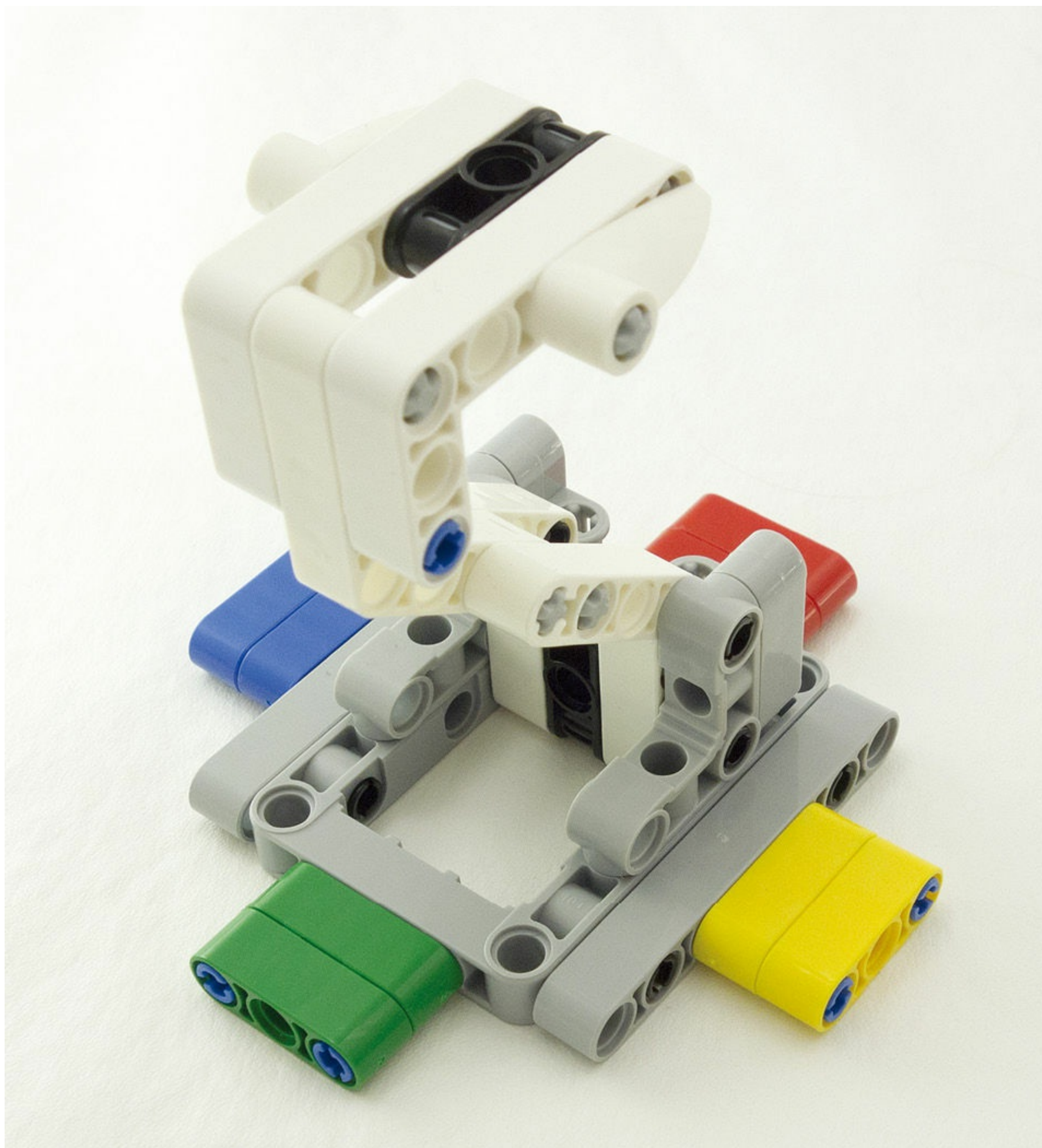


图5.5　为陀螺男孩准备的支撑架

注意

陀螺男孩对陀螺仪传感器的问题、过低的电量以及不平滑的地面都非常敏感。因此，你要确定陀螺仪传感器已经完全校正好，电量已经充满，并且要时刻注意观察陀螺男孩，确保它不要从桌子上掉下去。从桌子这样的高度摔下去，会损害LEGO的塑料零件或是智能砖。

5.3 颜色分拣机

颜色分拣机利用了LEGO教育版套装中所特有的拼装式履带。就像你所回想起的那样，在教育版中，履带采用了独特的连锁拼接塑料零件，以替代家庭版中固定大小的橡胶履带。图5.6中的颜色分拣机在它的右边安装了颜色传感器，以检测4种不同颜色的横梁，横梁要两个一对地放在一起。你需要让颜色传感器去检测这些横梁，然后把它们按照检测的顺序依次放入到左边的漏斗装置中。在你放入所有横梁之后，漏斗会自动跟随履带进行前后移动，并把这些横梁按照颜色分为4叠（茶杯或水杯也可以，任何你放在漏斗前的装置都行）。这个分类的任务给人的印象并不非常深刻，但它却是学习基础编程以及学习使用颜色传感器的不错的方式。

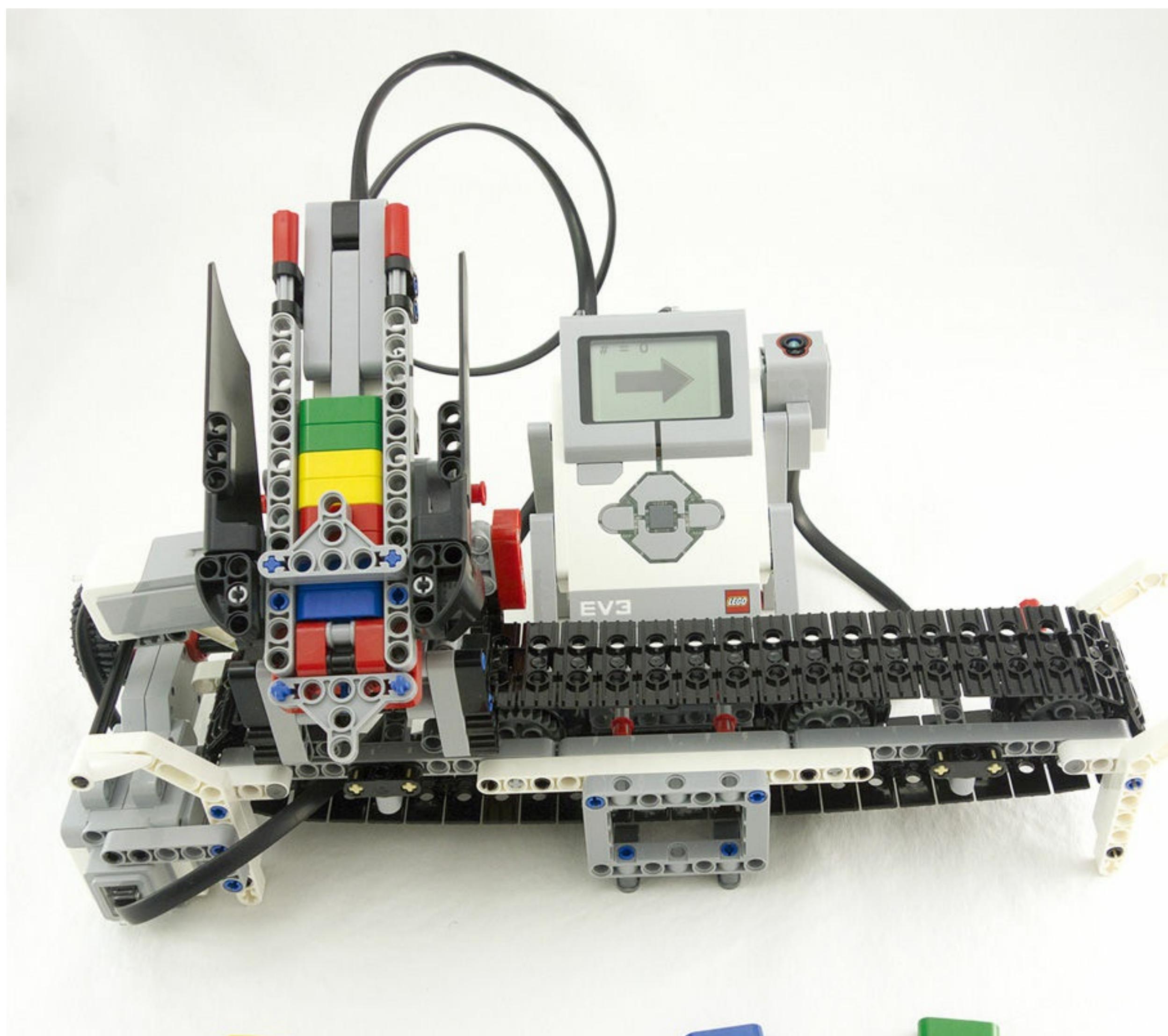


图5.6　扫描颜色块，然后把它们放入漏斗等待分拣

5.4　小狗

小狗机器人（如图5.7所示）是一个可以和你的小孩一起拼装的、十分可爱的机器人。对于成年人，它也有无穷的乐趣。小狗机器人可以坐也可以站，还可以在抬起一条后腿的时候发出呜喇叭的声音。实际上它不会走路。如果你按住小狗机器人的背部，它就会发出喘气的声音。

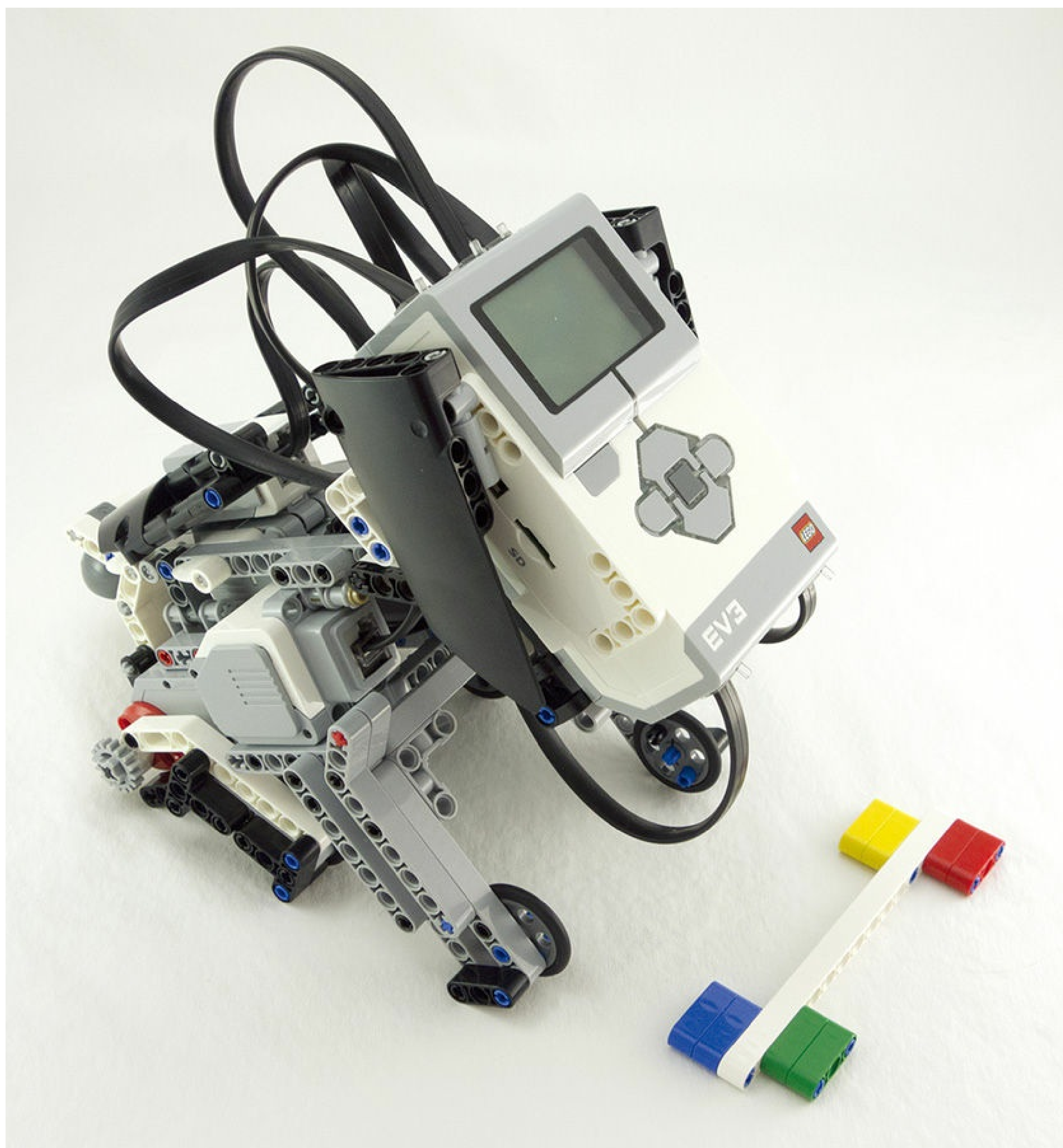


图5.7　小狗机器人在它的骨头旁边“装腔作势”

这个机器人的结构中还包括一根骨头，并且使用了颜色传感器（它隐藏在充当下巴的主控机的底下）来识别是否会有人“喂”它这根骨头。如果有的话，它就会发出大声地嚼骨头的声音。小狗机器人在有人跟它玩的时候会表现得很活跃，当没人跟它玩时，它就会昏昏欲睡。这些神态都以变换屏幕上眼睛形状的方式来表现。这里甚至还有一个特别

的“小狗之爱”的眼神。

请多注意这个机器人模型的屏幕和音响是如何提高它的逼真效果的，也许你有能力在自己所搭建的机器人中模仿这种感觉。

5.5 臂

EV3教育版的核心套装中的最后一个基础模型就是臂了（如图5.8所示）。通过预先设定距离，这个结构简单的抓举臂可以移动一定数量的物体。这个抓举臂的搭建是整个机器人的关键，因为它运用了一个复杂的齿轮组合。抓举臂本身也要靠一个中型伺服电机来提供动能，整个抓举臂的起落与活动要靠一个大型电机的运转来维持。

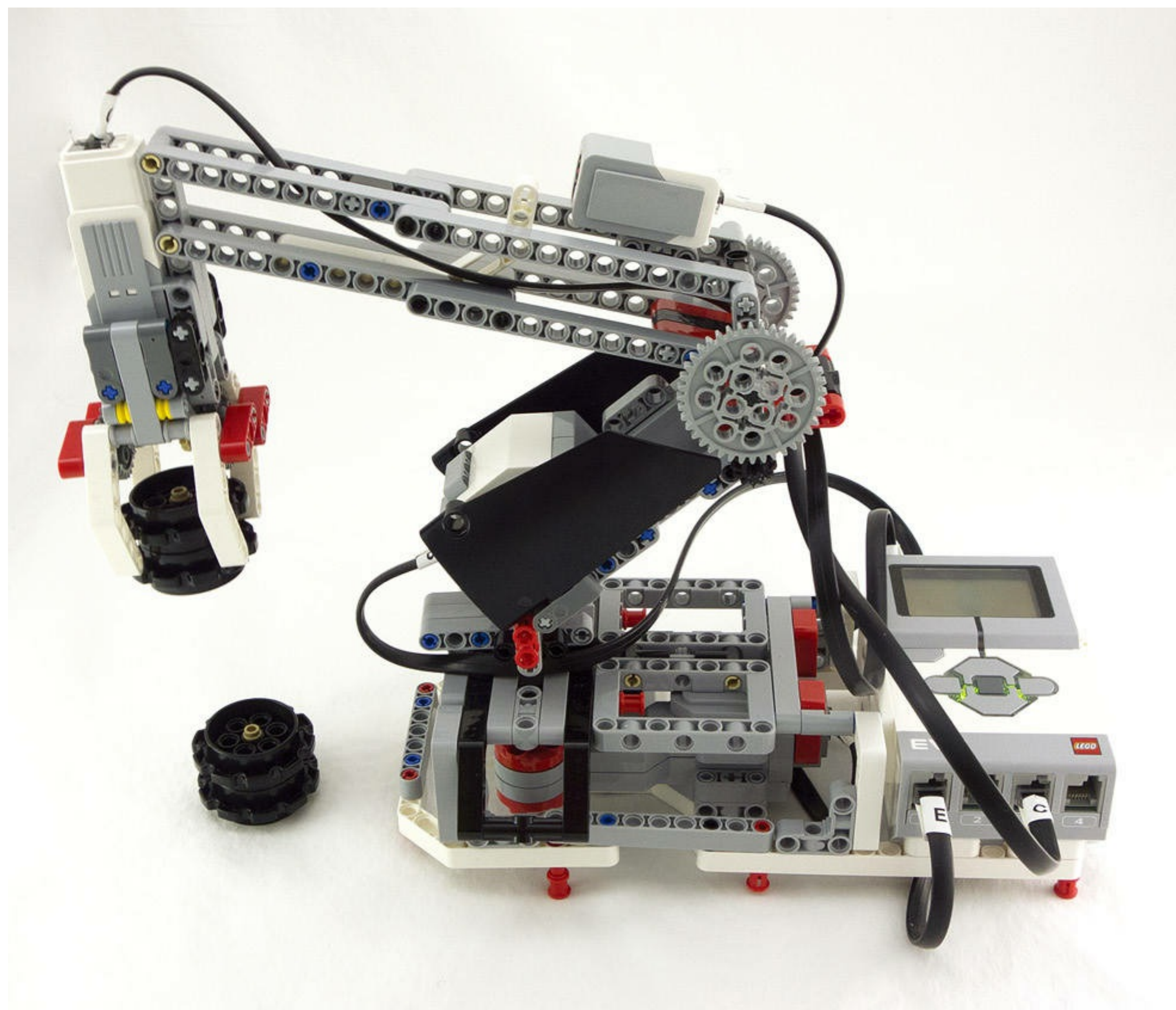


图5.8　抓举臂以及组合的轮毂

5.6 扩展模型

第3章中介绍了EV3教育版的一种变体以及EV3的拓展配件箱。拓展配件箱中包含许多核心套装中没有提供的零件，因此也会有一些扩充的模型。它们可以完成一些十分奇妙的任务，如一个行走的大象或是一个可以制造陀螺的机器人。这些额外扩充的模型均需要一套EV3拓展配件箱以及至少一套LEGO EV3教育版的核心套装，有些模型的搭建甚至会需要超过一套的核心套装。这些模型主要是为教学或是团队设计的。

> **提示**
>
> 没有严格的规定限制LEGO EV3的拓展配件箱只适用于LEGO EV3教育版套装。配件箱中的零件是可以和EV3家庭版兼容的。如果你觉得自己需要更多的框架、横梁或是不同尺寸的轮胎，你可以考虑购买EV3的拓展配件箱。

就像核心套装中的模型那样，这些额外扩充模型的搭建图都可以在Robot Square网站上找到，但是这些机器人的程序只在编程软件内提供。如果你需要的话，就得购买带有编程软件的EV3教育版变体（价格是99美元）。

5.6.1 大象

大象（如图5.9所示）是我最喜欢的额外扩充模型，我总是对具有动物形态的机器人有着强烈的兴趣。这个模型的搭建颇为复杂，它几乎用到了教育版的核心套装以及拓展配件箱中的所有横梁。只要完成搭建，大象模型就可以走路，发出象的叫声，并可以用它的象鼻捡起一个哑铃。然而，想要让它完成所有的这些任务，你必须能够在智能砖上通过按下正确的按钮来指挥它做出这些动作。和小狗模型不同的是，大象模型看起来从来没有想自己玩耍的意图。

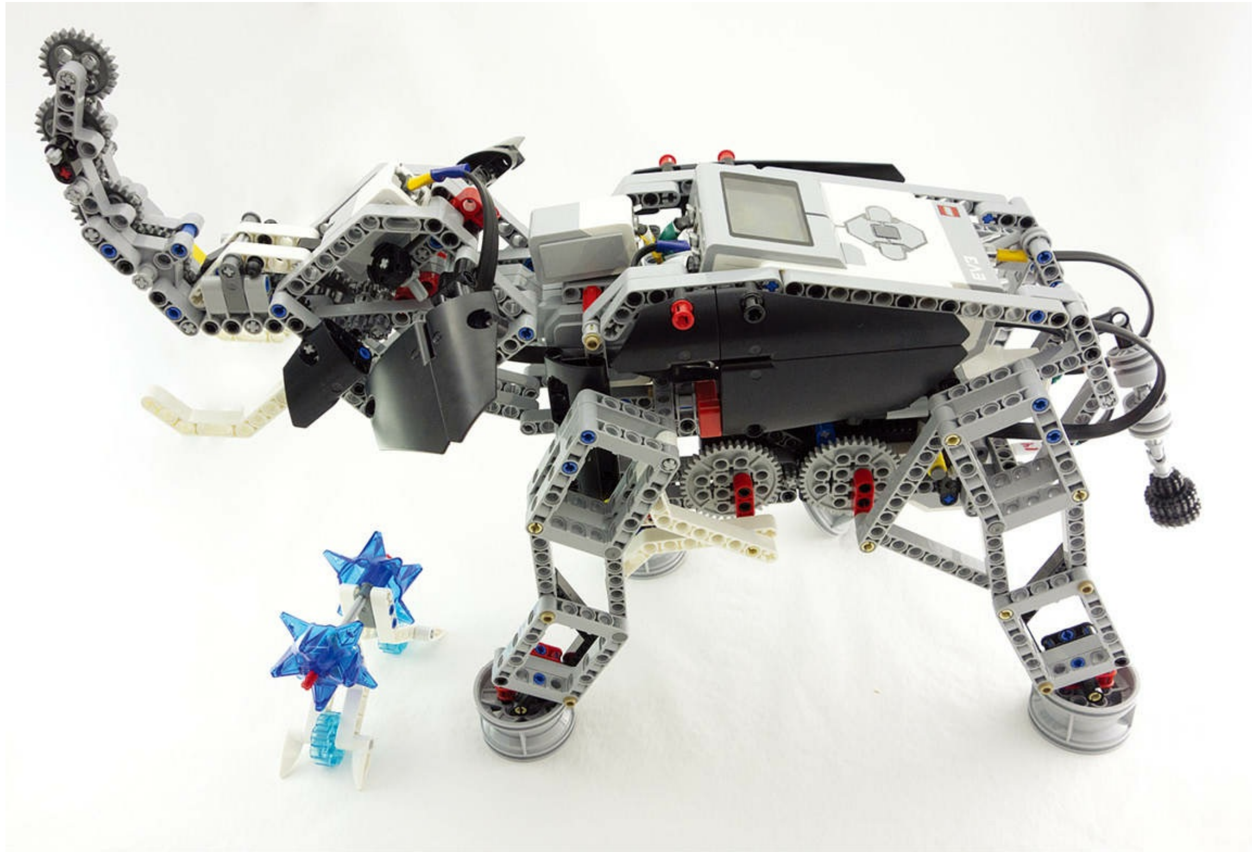


图5.9　大象模型以及一个可以使它挥舞象鼻的结构

这个搭建也是另一个你应该学习的关于齿轮结构的模型。就算它已经没有电量以供活动了，你依然可以把象鼻向前或向后弯曲，并仔细观察这些齿轮是如何协调运动并使象鼻能够发生移动的。

5.6.2　坦克机器人

坦克机器人运用了随拓展配件箱附赠的防滑胶垫，其目的是使机器人的摩擦力增大从而获得更强的牵引力（如图5.10所示）。这个履带车可以越过障碍物，并且将会在障碍赛跑道中发挥得非常出色。这个模型不是一个可遥控的机器人，不过毋庸置疑的是，你可以用一组单独的红外传感器以及红外信标接收器把它改进成一个可遥控的机器人。

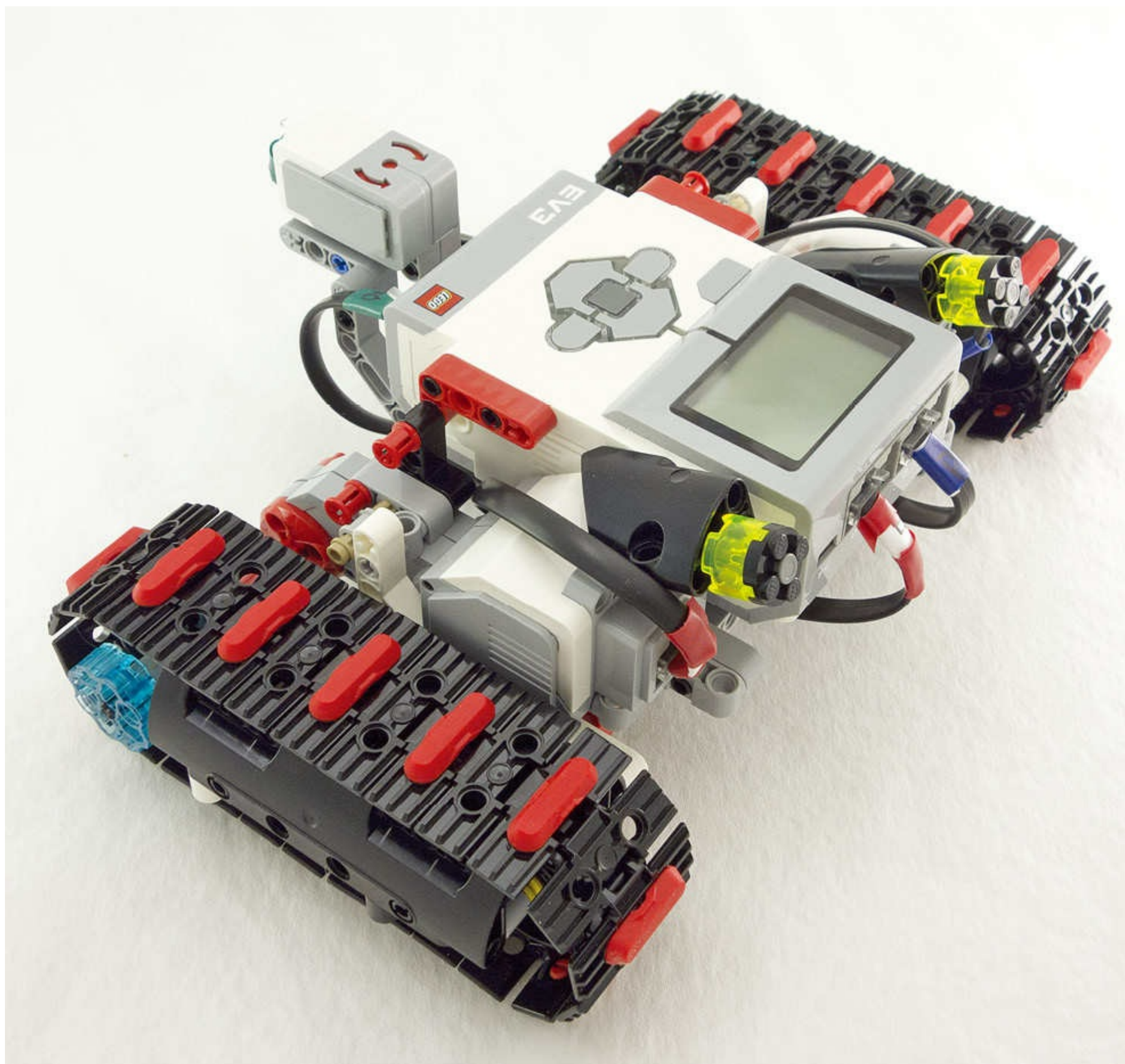


图5.10　坦克机器人尝试将陀螺仪传感器换成红外传感器，把它改变为一个可遥控的机器人

5.6.3　Znap

Znap是不能用EV3家庭版搭建出来的，但它与R3ptar相似（请参考第4章）。它采用了超声波传感器去探测它的面前是否有人或其他物体，并“猛咬”人的手或是其他物体。在原版说明书的介绍中，它的移动装置只是简单的履带而已，但是并没有严格的规定你不能增加防滑胶垫，以增强Znap的攀爬能力（如图5.11所示）。

5.6.4　远距离控制器

远距离控制器的搭建（如图5.12所示）是为了其他机器人的工作而设计的，比如说它可以用来操作Znap。显而易见的是，你至少需要两套EV3来搭建模型，才能体现出这个装置的价值。你可以把这个装置拿在手里，通过拨动装置末端的杠杆，转动轮胎构成的旋钮，或按下触动传感器上的按钮等方式，来完成对Znap机器人的移动以及咬合动作的控制。

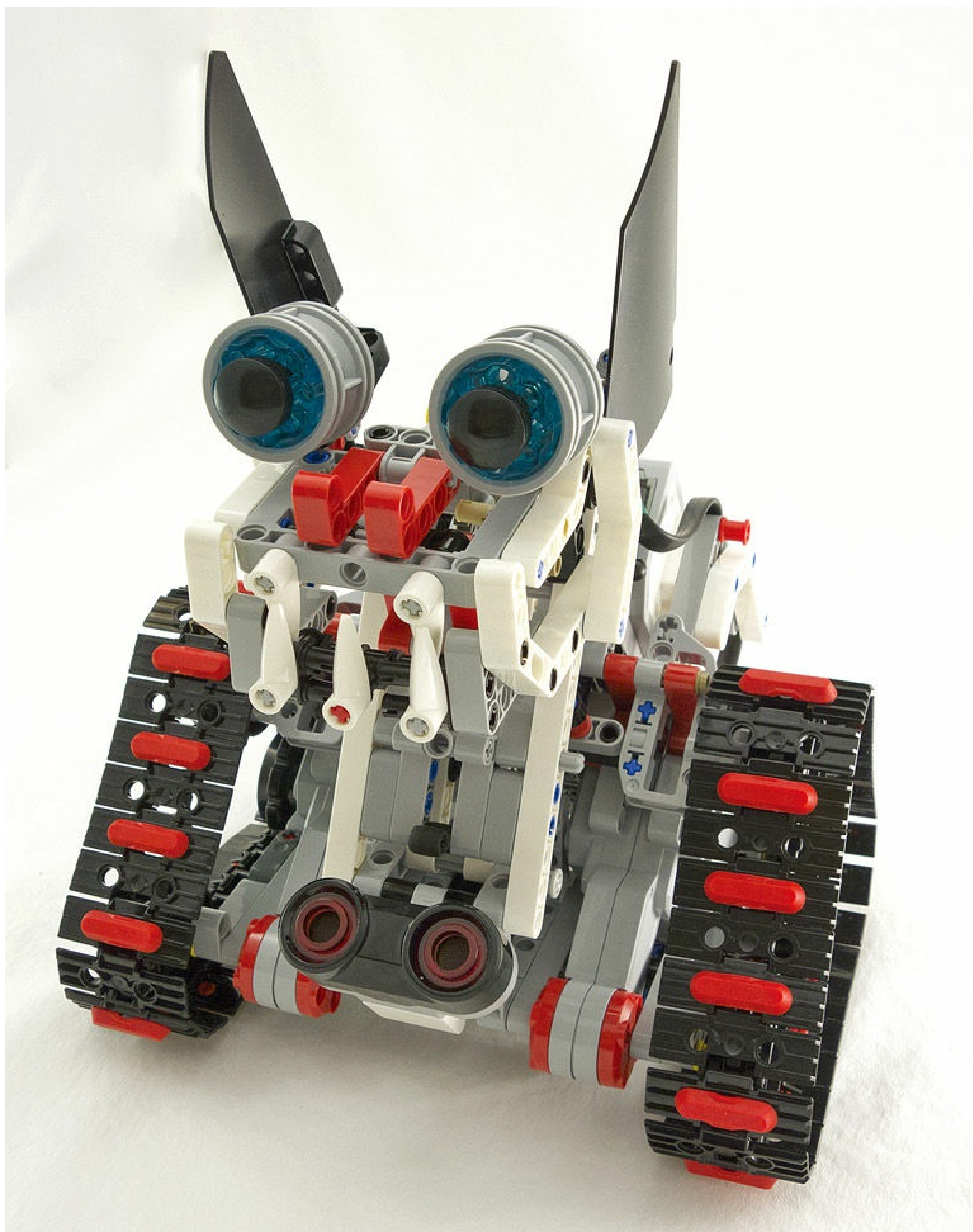


图5.11　增加了防滑胶垫后的Znap

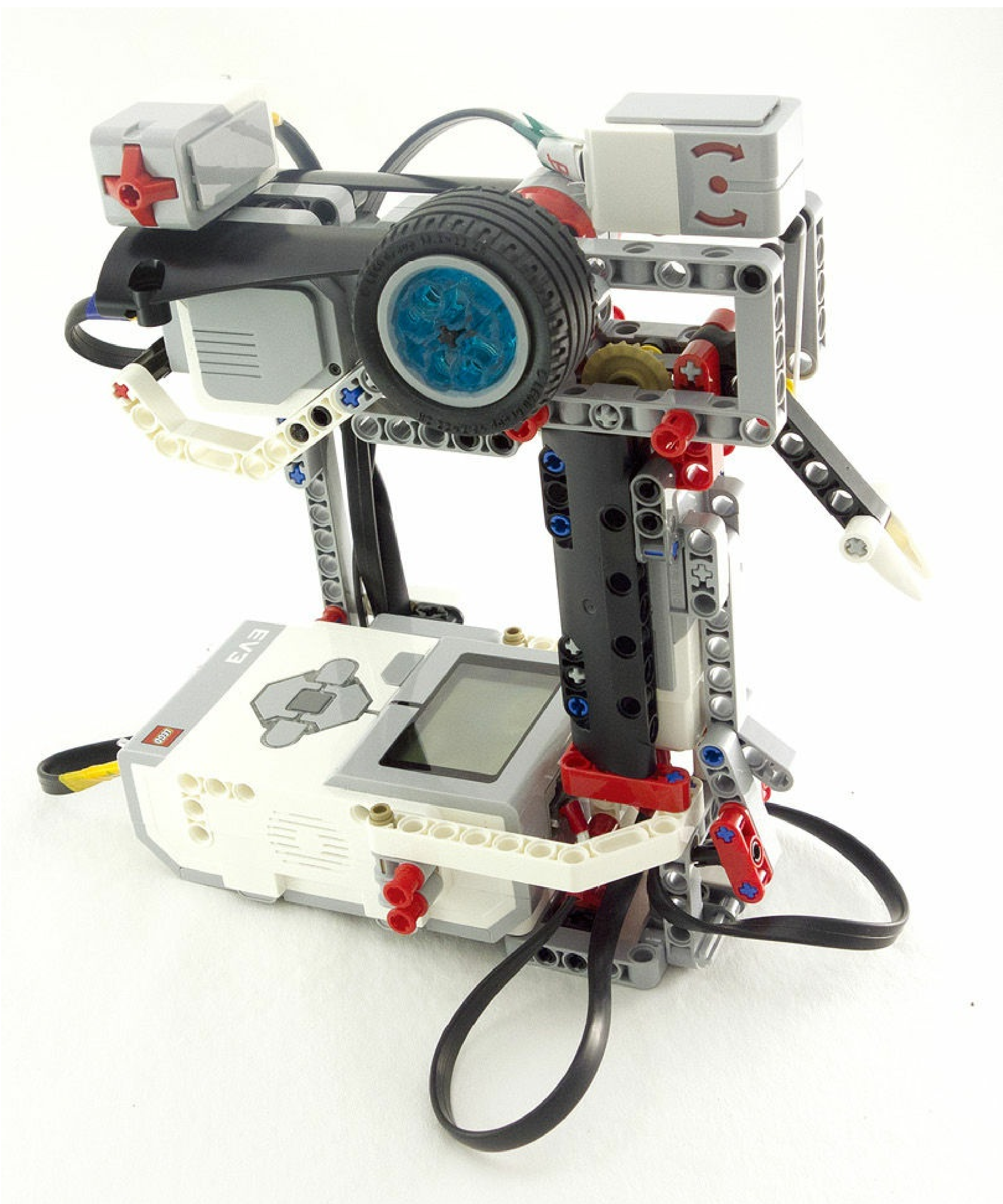


图5.12　LEGO EV3教育版中拼装的远距离控制器

你需要两个以上的EV3来完成这个控制器的工作。严格地说，你也可以先搭建这个控制器，然后用LEGO EV3的家庭版或是教育版来完成

另一个机器人的设计。然而，如果你已经购买了EV3家庭版套装，可以只用一套家庭版提供的红外传感器和红外信标接收器，并对机器人做略微的修改，然后就可以将机器人变成可遥控的了。

5.6.5 爬楼梯机器人

爬楼梯机器人的功能就像它的名字所描述的那样——它可以爬楼梯（如图5.13所示）。这个机器人有一个结构，它大概只能被描述为电梯结构了。当它移动到一个阶梯前时，后面的履带装置首先将前面的4个轮子举到上面的台阶，然后在机器人成功登上上面的台阶后，再将后面的轮子升上来。它也可以攀爬街边的马路牙子，但是当你进行这个实验时，要注意马路上的汽车。

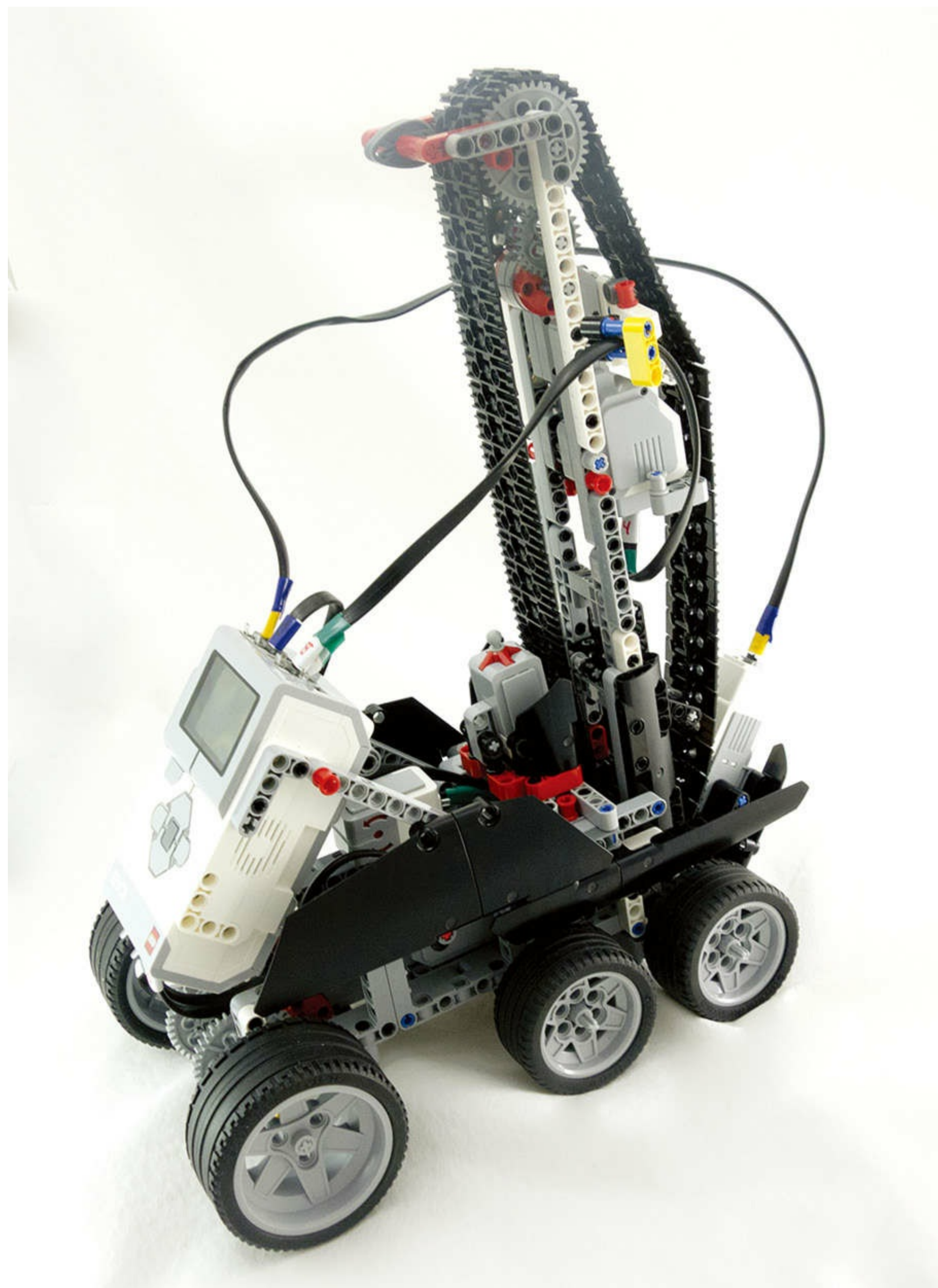


图5.13　爬楼梯机器人的背部先撞上楼梯，然后进行攀爬

5.6.6　陀螺工厂

这个巨大的搭建结构需要把两个智能砖连接后，一起移动寻找物体并将其抓起，将这些由不同颜色的陀螺部件组装成一个完整的传统陀螺，然后把这个陀螺发射出去并使陀螺开始旋转。

旋风陀螺工厂也是除其他的额外模型以外，搭建过程最为复杂的一个了。它需要两个LEGO 教育版的核心套装以及一个拓展配件箱。我虽然没有两套EV3教育版套装，但是我可以很高兴地告诉你，你依旧可以用一个家庭版套装、一个教育版套装、一个拓展配件箱以及从旧的NXT套装中找到的零件或是各种少量的科技零件来实现。图5.14展示的就是我用这些零件拼成的陀螺工厂。

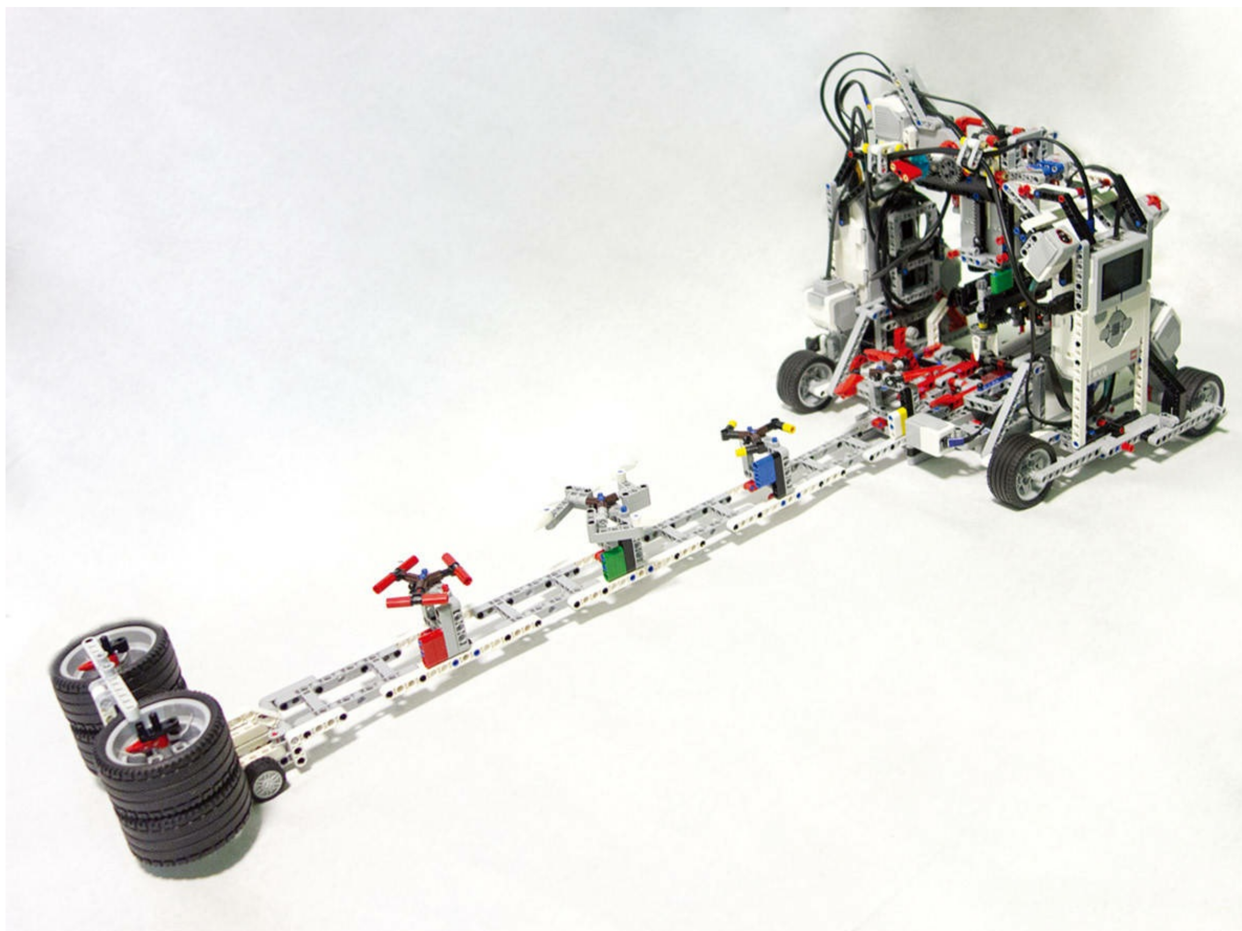


图5.14　我改装的近似于旋风陀螺工厂的结构

经过我改造后的最终模型与标准的陀螺工厂最大的差别，就是我在搭建中用完了所有带颜色的三孔横梁以及所有的轴套。唯一注意的地方就是底部第二个颜色的传感器要安装在什么位置。只要确保所有的色块都是按照顺序排列在这条线上的，就不用担心颜色传感器会扫描到你搭建的其他地方。

陀螺工厂也是一种课题，可以用于十分热情的学生或是在教室完成的一项长期活动。无论怎样，这个机器人都非常奇妙，它可以教你如何把两个EV3智能砖连接在一起去完成任务，两个连接起来的智能砖的能力远超过一个单独的智能砖。图5.15展示了机器人的顶端对于所有资源的充分利用，这也包括使用USB线将两个机器人菊链在一起。

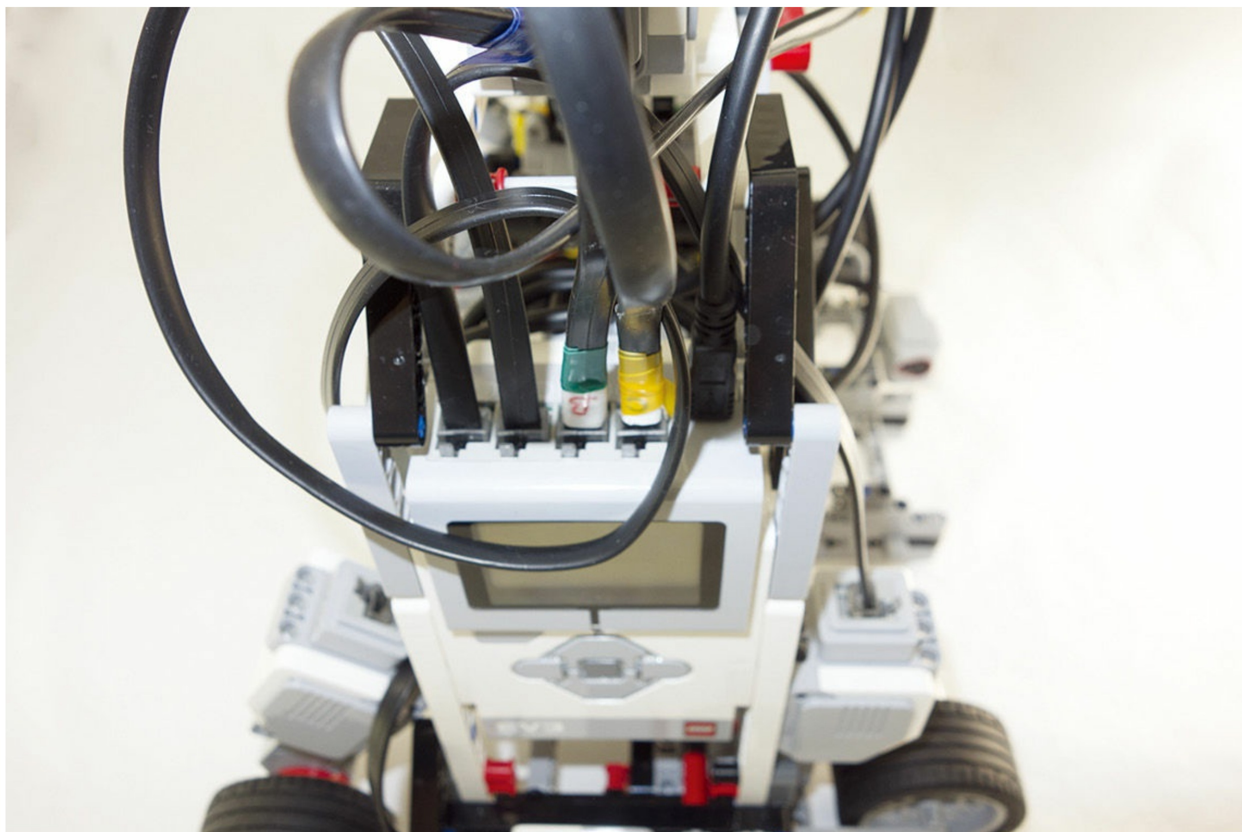


图5.15　注意如何对这些数据线加以标记以避免混乱

补充说明：

如果你购买的是一套LEGO EV3教育版套装，那么相对于家庭版来说，你将会缺少一套红外传感器以及红外信标接收器。你可以从LEGO教育以29美元的价格购买，不过请注意红外信标接收器还需要单独以29美元购买。相反地，如果你购买的是家庭版套装，那么你也可以分别购买同样价值为29美元的超声波传感器和陀螺仪传感器。拓展配件箱则需要另外支付99美元购买。

5.7 小结

LEGO EV3教育版的变体既提供了核心套装，又提供了拓展配件箱。虽然你可以从网上下载到这些模型的搭建图，但是演示程序只在包含编程软件的价值99美元的EV3教育版变体中。如果你想要亲自为这些机器人编程，那么你可以采用同款的、与之兼容的家庭版EV3编程软件来为机器人编程。

第6章　改造成品

到了这儿，你已经探索了盒子里的所有物品，并且看过了所有收录在LEGO EV3官方介绍中的机器人类型了。现在是时候搭建属于你自己的机器人了。我建议你应该将汽车或者坦克作为第一件尝试作品。这是最常见的搭建，你只需要入手一个智能砖和两个电机就可以开始搭建之旅了。你要记得给光电传感器留出个位置，因为在第7章中，需要用它来开展第一节编程课。

> 注意
>
> 从理论上讲，你可以只使用一个电机来搭建机器人，但是要想驱动它会非常困难。因为如果只有一个电机，机器人的轮子必须被连在一起，并且只能前进或后退，或者只用一个轮子来回转圈。

本章可以引导你开始进行搭建，而搭建也要依赖你在第4章以及第5章中搭建试验机器人时所学到的技巧。如果你还没有尝试搭建过前面两章的机器人，我建议你至少快速浏览一下第4章和第5章，以便熟悉一下这些模型。在本章的后面部分，我们将对它们进行改建。

6.1　项目1：汽车

想不想挑战一下自己：读完这一段立刻放下书，并且用你的机器人套装搭建一辆汽车或者坦克？你可以把它做得很复杂，也可以搞得很简单，不过一定要记得之后你还需要对它进行扩展，因此要给更多的传感器预留出空间。如果你想让事情变得简单点，记得把你的伺服系统接到B口和C口，这是一个简单快捷的测试方式。演示程序会包含在所有的EV3 MINDSTORMS中，它预设使用B口和C口来控制车轮。在这里多花点时间也别介意，我们只是建立一个初级的且能够正常工作的基础模型。

如果你还没准备好接受挑战也别着急。继续往下看，我会向你介绍我是怎么做的，以及我们如何能够把它做得更好。

如果你尝试接受挑战，那你做得怎么样？接下来的部分我会向你展示一个我自己搭建的汽车模型。我搭得很快，并且没有参考任何EV3的试搭项目。搭建时我使用的是LEGO教育版套装，不过你使用家庭版套装就可以。

下面是搭建步骤。

1．给两个小轮子套上轮胎作为前轮，并给前轮们找个轴（如图6.1所示）。



图6.1　轮子和轴

如你所见，两个轮子都有轴承连接孔位，这说明你可以使用伺服系

统驱动轮子。这样的话一定能让轮子自由转动。

2．用轴将轮子安装到孔梁框架上（如图6.2所示），用一根轴连接可以让妥善安装的轮子速率一致地旋转。

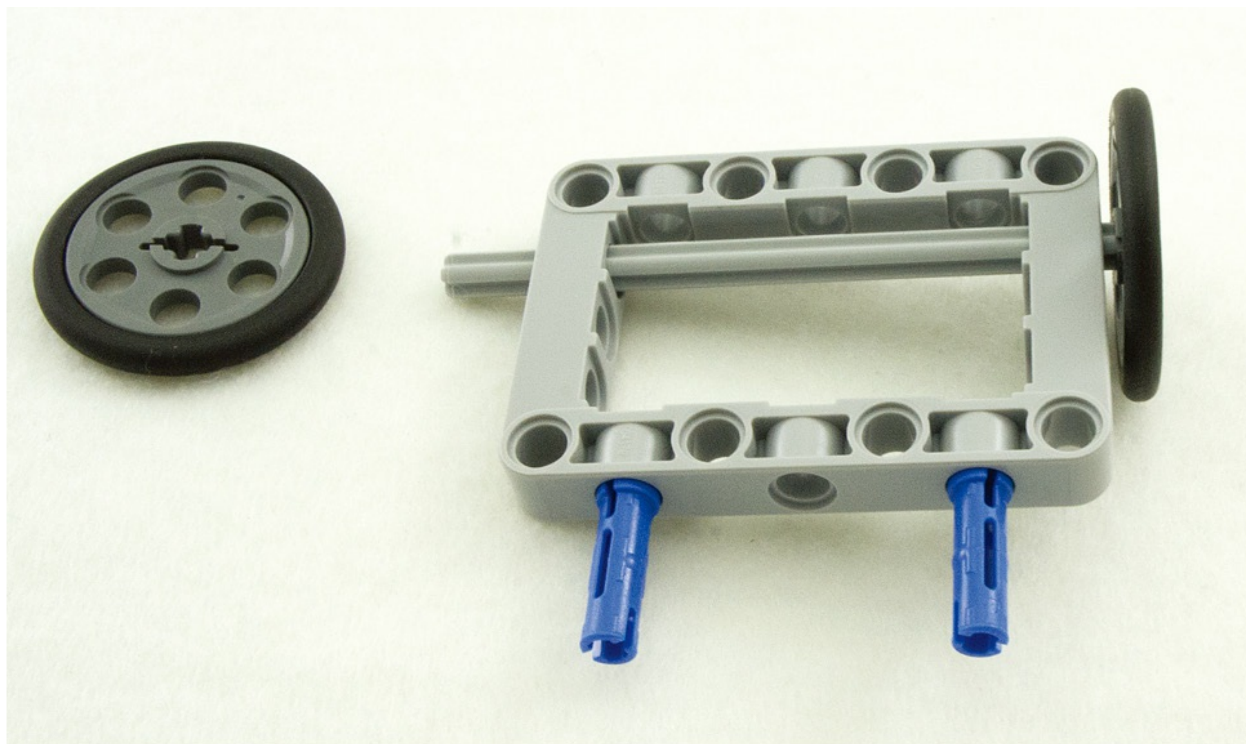


图6.2　安装轮子和销

3．将两根蓝色的长销（3M）插到孔梁框架的一侧。

4．使用之前装好的梁框一侧的蓝色销，将梁框安装到智能砖底部（如图6.3所示）。

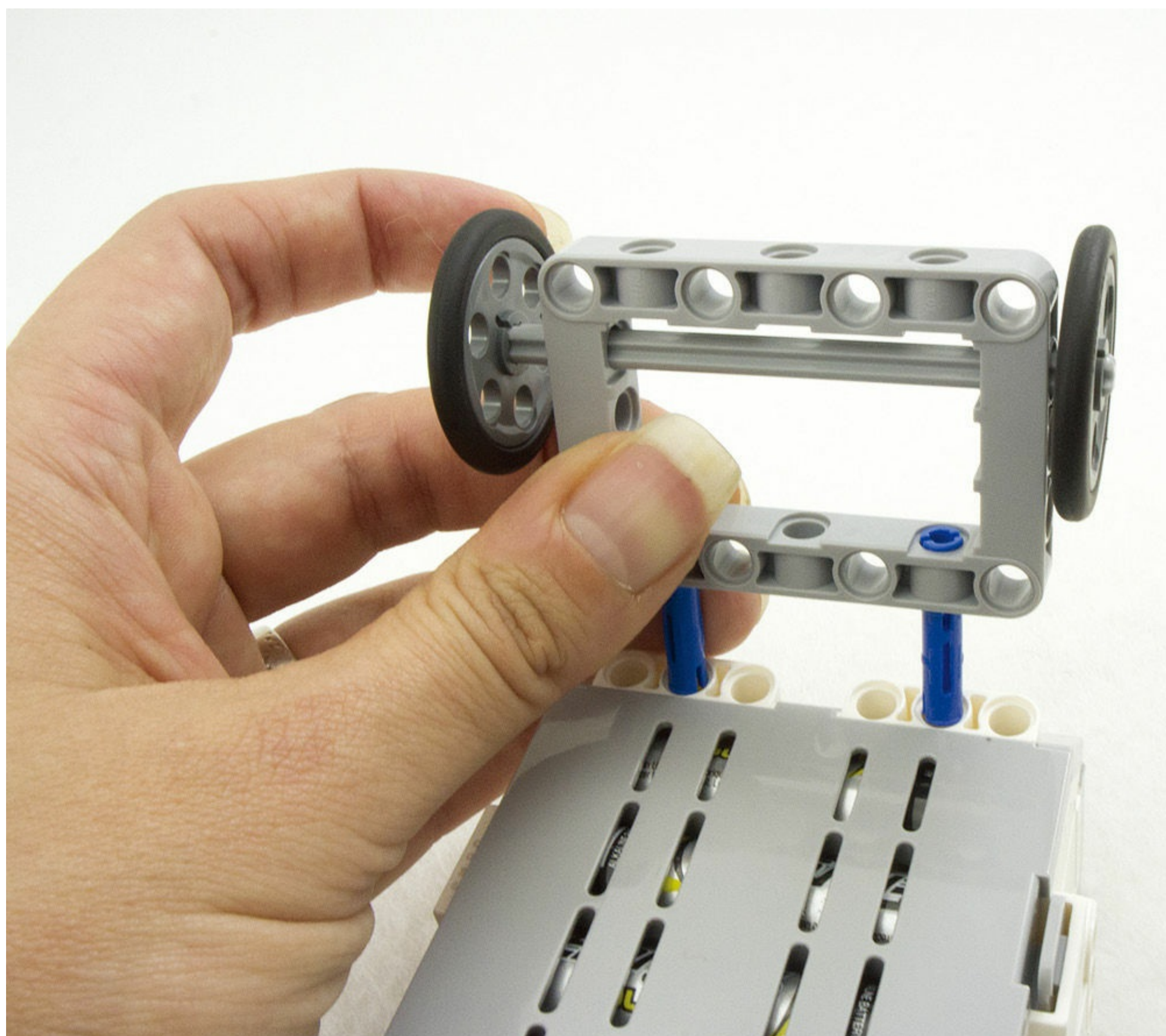


图6.3　将轮子安装到智能砖上

5． 如图6.4所示，我们可以找来这些角度梁和交叉转换块，它们是为搭建后悬架准备的。我们需要制作两个结构相同但方向相反的对称的后悬架，分别分配给左右后轮。

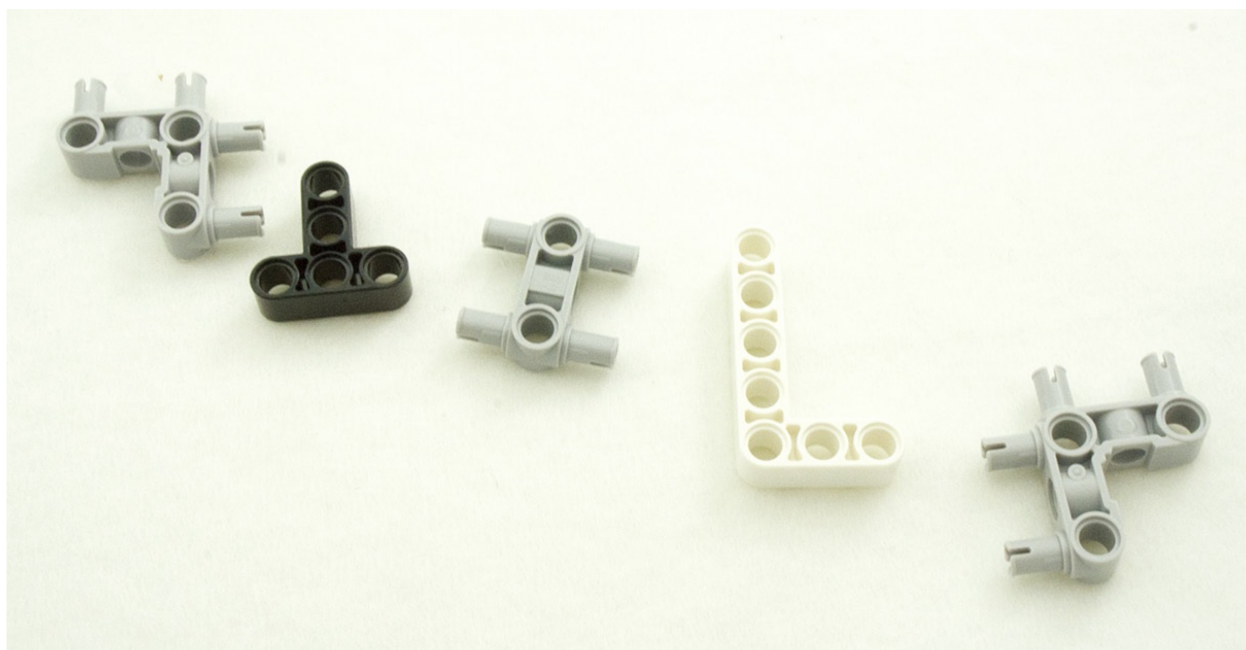


图6.4　一个后悬架所需的配件

6．参照图6.5和图6.6的方式将这些配件组合起来。

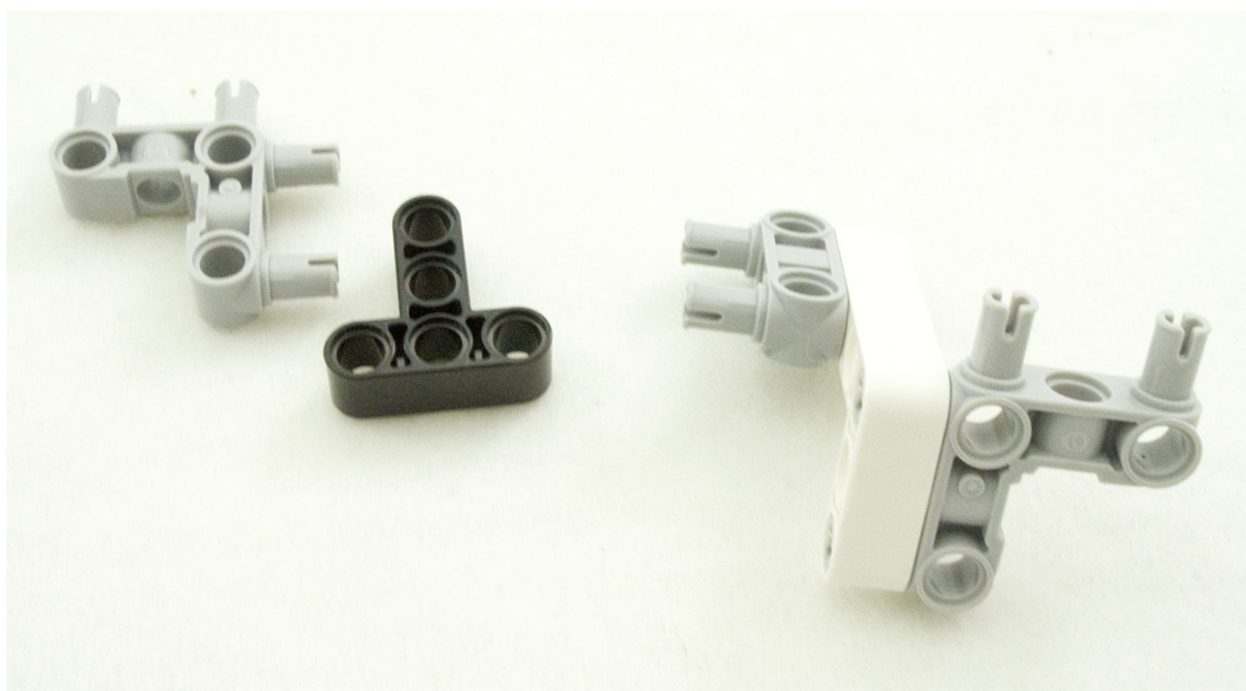


图6.5　记住你需要组装两个对称的后悬架

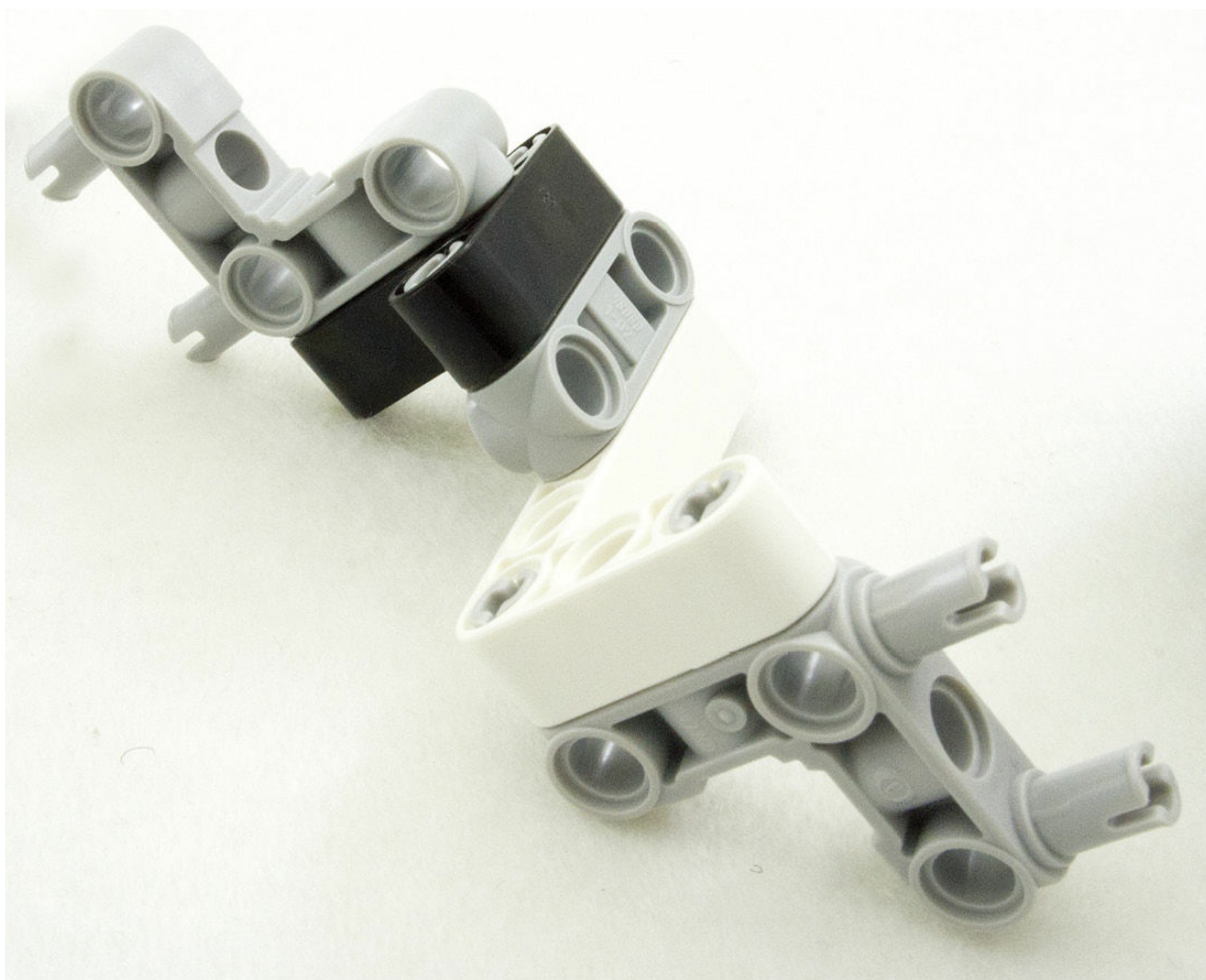


图6.6　一个组装完成的后悬架

7．现在我们该为后轮搭配电机了。先找到如图6.7所示的配件，然后用较短的轴把后轮和电机连接好，记得两个轮子要对称。

8．现在，搭建汽车所需要的所有部件都已经找齐了。我们把连接梁与交叉转换块组装的后悬架和已经带有电机的后轮组装到一起（如图6.8所示）。



图6.7　准备两套配件

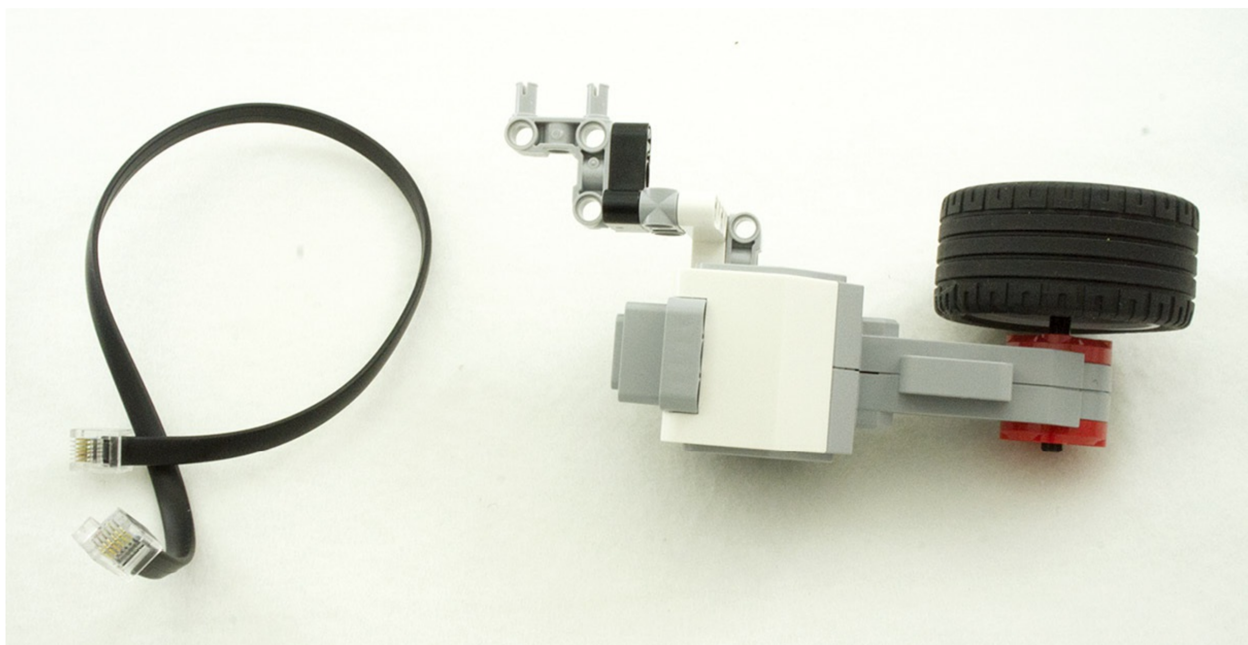


图6.8　一个组装好的后轮和后桥

9．将两个对称的后桥分别装到智能砖的两侧，如图6.9所示（为了能更好地拍摄，我将一个电机临时摘掉了，这样能够更清晰地呈现后悬架和智能砖的连接状况。）。

10． 最后一步是将电机连接到智能砖上，把线缆分别插在B口和C口上，把线缆交叉排列。

其实，任何一个接口都能够驱动电机，只是预先安装在智能砖中的演示程序已经设定好了使用这两个口，所以现在用相同的接口来测试你的汽车是最简单的办法。当你将来能够自己编程之后，想用哪个接口都可以。

最终完成的结果如图6.10所示。



图6.9　把后轮安装到智能砖上

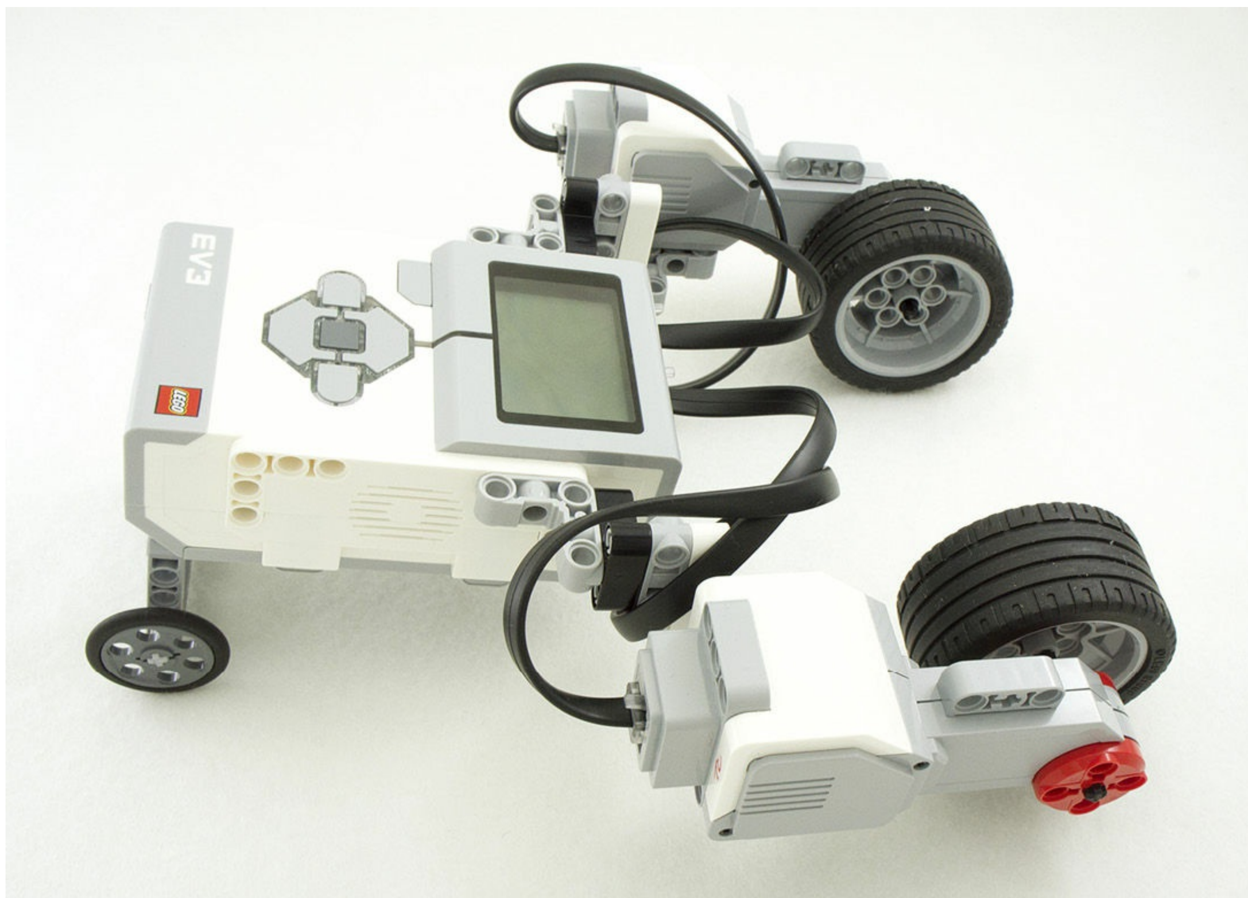


图6.10　完成安装的简易汽车

6.1.1　测试

我们只需要运行智能砖自带的演示程序就可以测试这辆新车了。首先，按下智能砖中央的按键来启动智能砖。当EV3点亮之后，屏幕上的菜单应该自动选中左侧的运行菜单，如图6.11所示。最初始的一个程序，应该就是演示程序——只要你没删掉它。然后，再按一次中央的按键来运行演示程序，这时，你应该能立刻看到“眼睛”，并且两个轮子都开始转了。

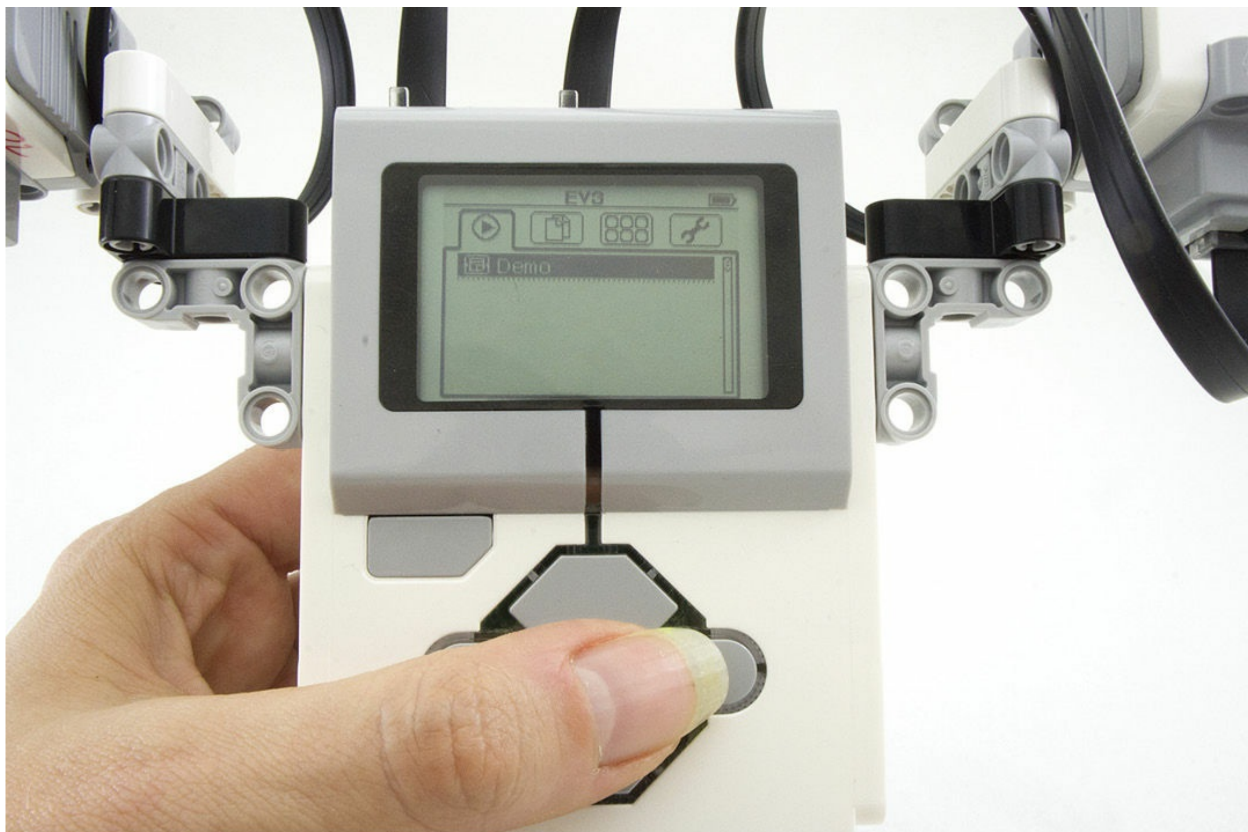


图6.11　运行演示程序

如果你在一个比较平整的地方再次运行演示程序，你的小车应该可以移动和转向。这证明你的机器人是正常运行的。同样，你也应当了解，如果它不能正常工作时会是什么样（我在下面一段将会对此做出描述）。

6.1.2　发现并解决问题和瑕疵

如果你没有按照本书来搭建这个模型（当然这完全没问题），那么你可能发现不了什么瑕疵或者问题，但是这个搭建确实有点问题。汽车可能并不结实。当你按下中央的按键时，整辆车都会向下弯曲，这是因为每侧的后轮只有两根销支撑，几乎没什么联合的支撑点。这样一来车子就无法承重。选择一个短小、平坦的测试路径也许没什么问题，但是要注意，这种比较弱的结构设计会存在配件折断损坏的风险。

要想解决这个问题，你可以选择增加横向支撑结构来增强连接力，或者采取将轮子靠近的办法。

这辆车可以在平地行驶，但是越野性能并不好。当然，这对本项目来说并不重要，但你需要记住这个事情。另外需要注意的是，两个前轮是锁止在一起的（没有差速设计），这会严重限制车辆的转弯半径，而且车身也没有太多空间安装额外的传感器用来升级和扩展车辆。

要解决攀爬越野问题，你可以使用坦克履带，而且可以考虑重新对前轮进行差速设计，从而使车轮在转向的时候能以不同的速率旋转。

> **提示**
>
> 如果你在搭建结构的时候从没失败过，那说明这件事儿对你没有任何挑战性。不断尝试新的设计和新的构想才能不断改进你的机器人。

6.2　项目2：改造坦克

你打算如何来改进你的汽车模型？比起从零开始设计，改造你手上的现有的成品不失为一种绝佳方式。你可以找一个已有的模型，并且通过升级改造来满足你的需求。对于EV3家庭版套装来说，Track3r很明显是一个不错的选择，因为它不但已经可以在演示程序下完美运行，而且有足够的空间来扩展传感器。现在让我们来逐一列出基础坦克的搭建步骤。

1．按照EV3家庭版说明书第12页来搭建Track3r，如图6.12所示。在这里并不需要担心装饰翼、小电机或者传感器，因为没有这些你依然可以搭建一个足以满足你目标的坚实坦克。

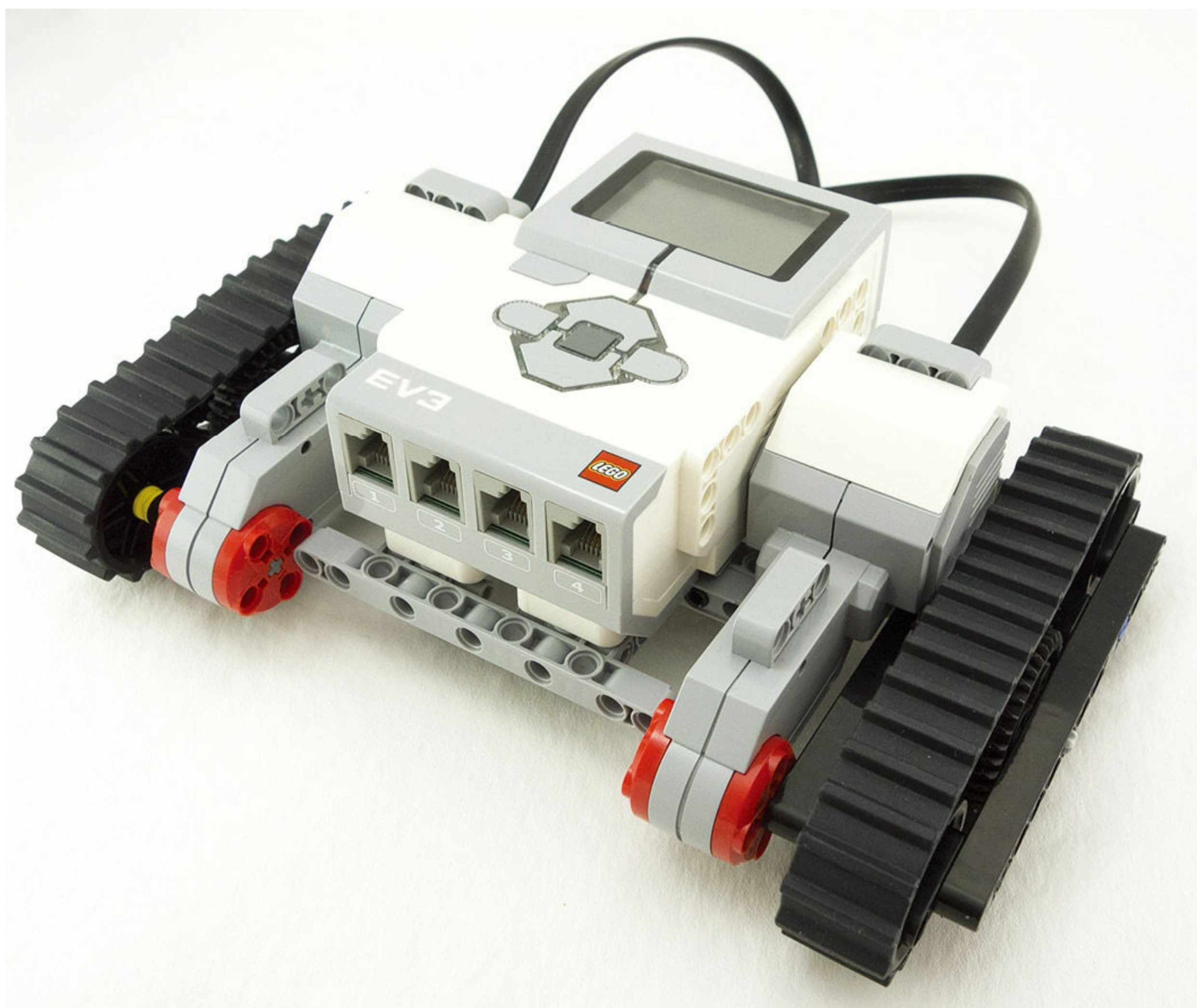


图6.12　说明书第12页的Track3r

2．增添一个颜色传感器，安装时尽量让传感器竖直向下。你可以综合运用一根角梁、一根蓝色长销和一个短轴（如图6.13所示）。在另一侧同样需要使用一根角度梁。



图6.13　传感器和坦克的连接装置

现在添加的这个颜色传感器可以在坦克通过终点时检测到黑色的终点线，这也正是你第一个编程项目所要达成的目标。传感器需要尽可能垂直向下，因为终点线位于地面。另外，它还需要距离地面足够近，因

为检测时需要半英寸（1.27厘米）或更短的距离来保证传感器能够探测到足够的反射光，从而正确识别颜色。

3．制作支撑架，将传感器固定在坦克头部。将两个黑色的销分别安装到两个角度梁外侧。使用轴、轴连接器和轴销转换头等来制造有角度的固定架，注意两侧要对称，如图6.14和图6.15所示。

4．将传感器安装到坦克头部，并用线缆将传感器连接到任意一个标着数字的传感器接口。接哪个口都无所谓，只要你在编程时记得选择相应的接口。图6.16展示的就是改造后的坦克。

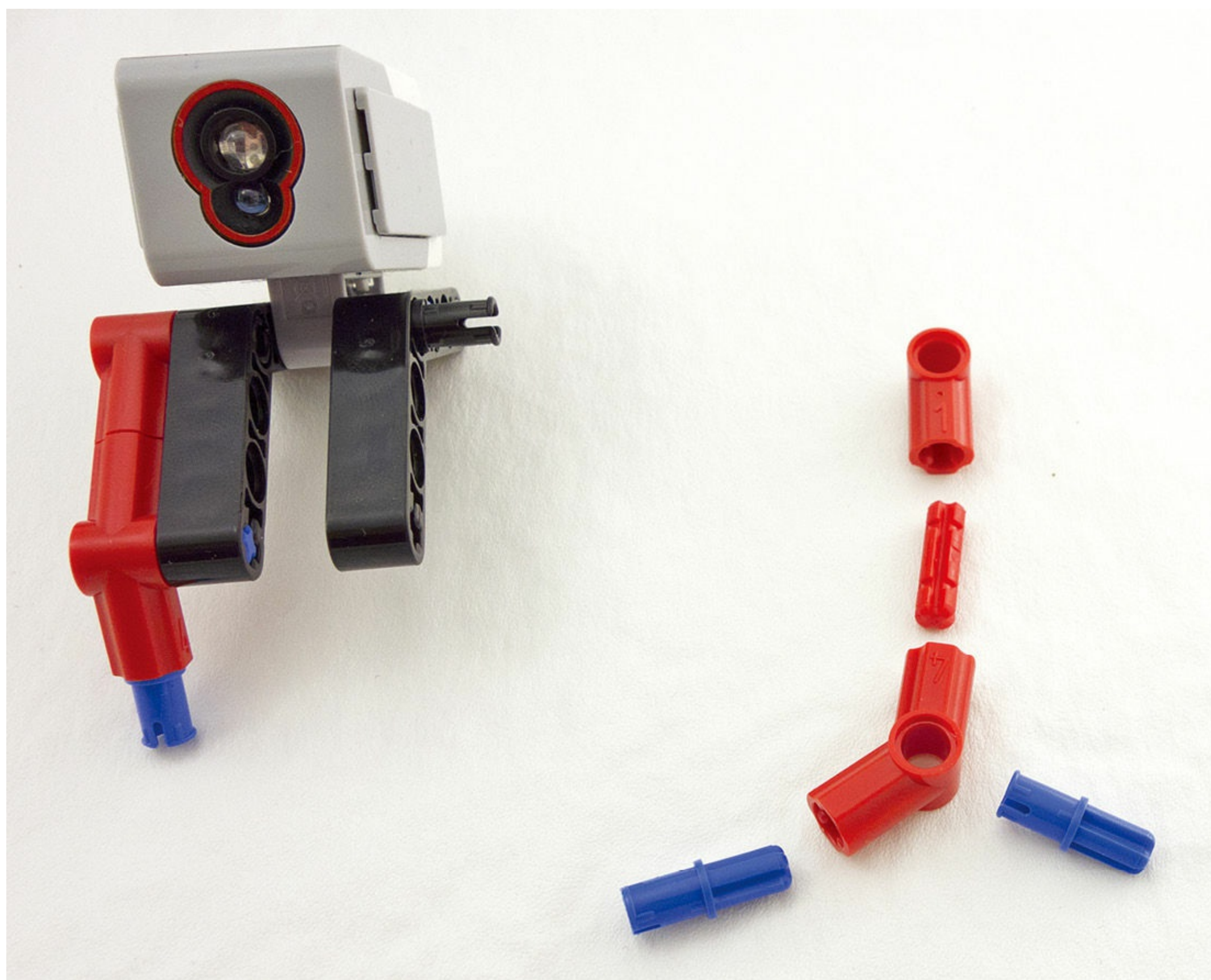


图6.14　颜色传感器固定架



图6.15　从侧面来看固定架的构成

这个坦克坚固耐用。你真的可以用它通过一些崎岖路面，并且当你按在上面的时候，它也不会向下弯曲变形，因为底盘部分使用梁框进行了加固（如图6.17所示）。



图6.16　安装了颜色传感器的改装版Track3r

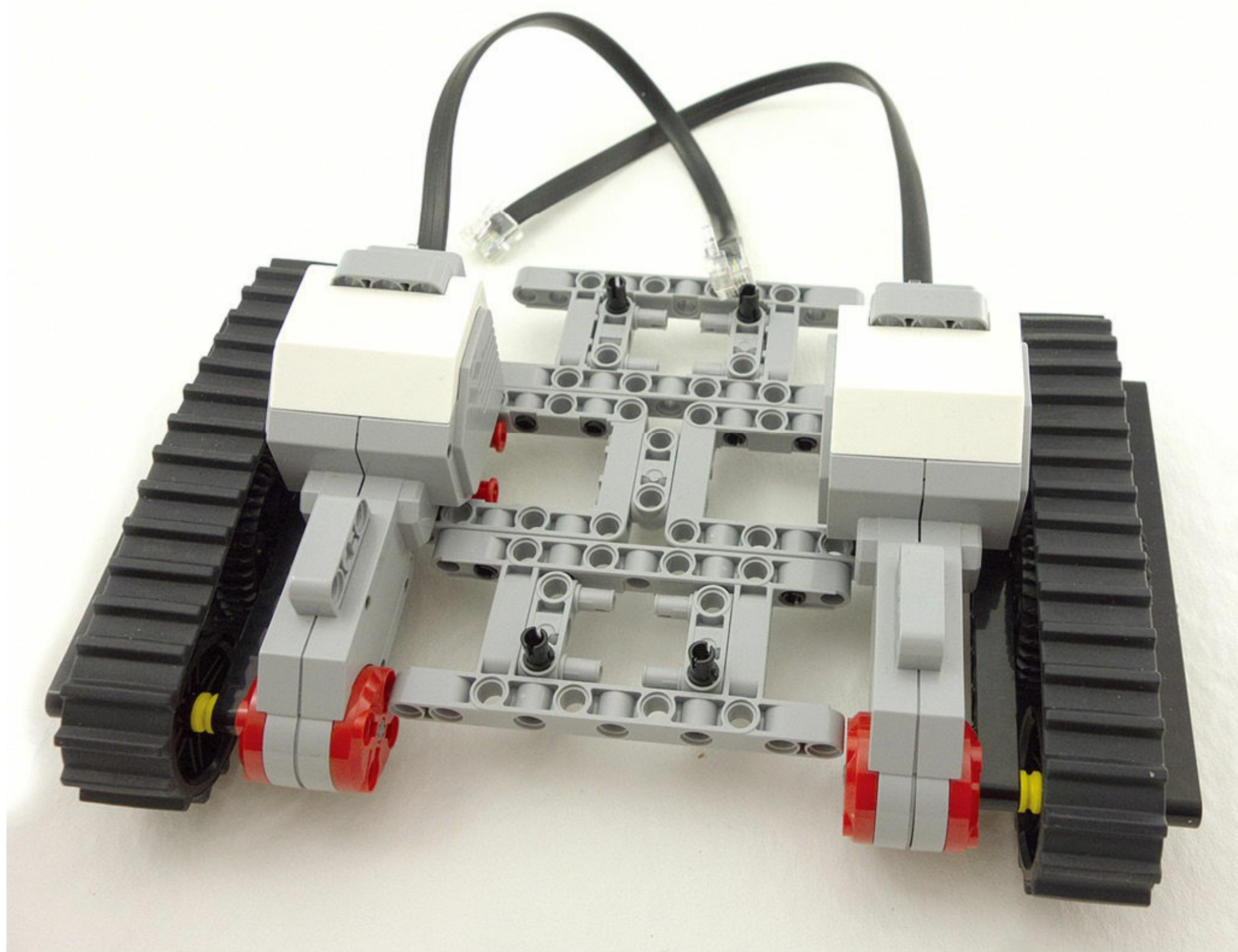


图6.17　未安装智能砖的整车底盘

6.3　项目3：改造教学机器人

坦克的缺点在于它实在太宽了，这样会使它在转向的时候也需要比较宽敞的路面。要是你想要一个更加灵巧的机器人该怎么办呢？解决方案之一就是利用LEGO教育版套装里的教学机器人，如图6.18所示。



图6.18　教学机器人

这个灵巧的家伙被设计成可加载多种传感器的结构，你可以用它学习编程技巧。如果你刚好有LEGO教育版套装，那么按照说明书就可以把它搭建出来。

如果你没有LEGO教育版套装，只有家庭版的话，那么你可能需要单独购买一个教学机器人的关键部件——球头万向轮。家庭版中并不包含万向轮这个配件，因此只能单独购买。球头万向轮是一个很有用的部件，可你也不能为了搭建点什么每次都去买配件。不过幸好，你还可以运用自己的创意对已有的零件进行改造。

在这个项目中，除了球头万向轮之外，你也可以自制一个轮形万向轮来解决问题，就像办公椅和购物车用的那种。同时，你还需要针对不同尺寸的轮子和不同长度的轴做出相应的调整。当然，这个轮形万向轮使用起来在灵活性上肯定不如一个光滑平整的球头万向轮，但对于本项目来说已经完全可以胜任了。

图6.19展示的是LEGO教学机器人正式版和使用家庭版制作的改装版。家庭改装版上面已经安装了光电传感器。

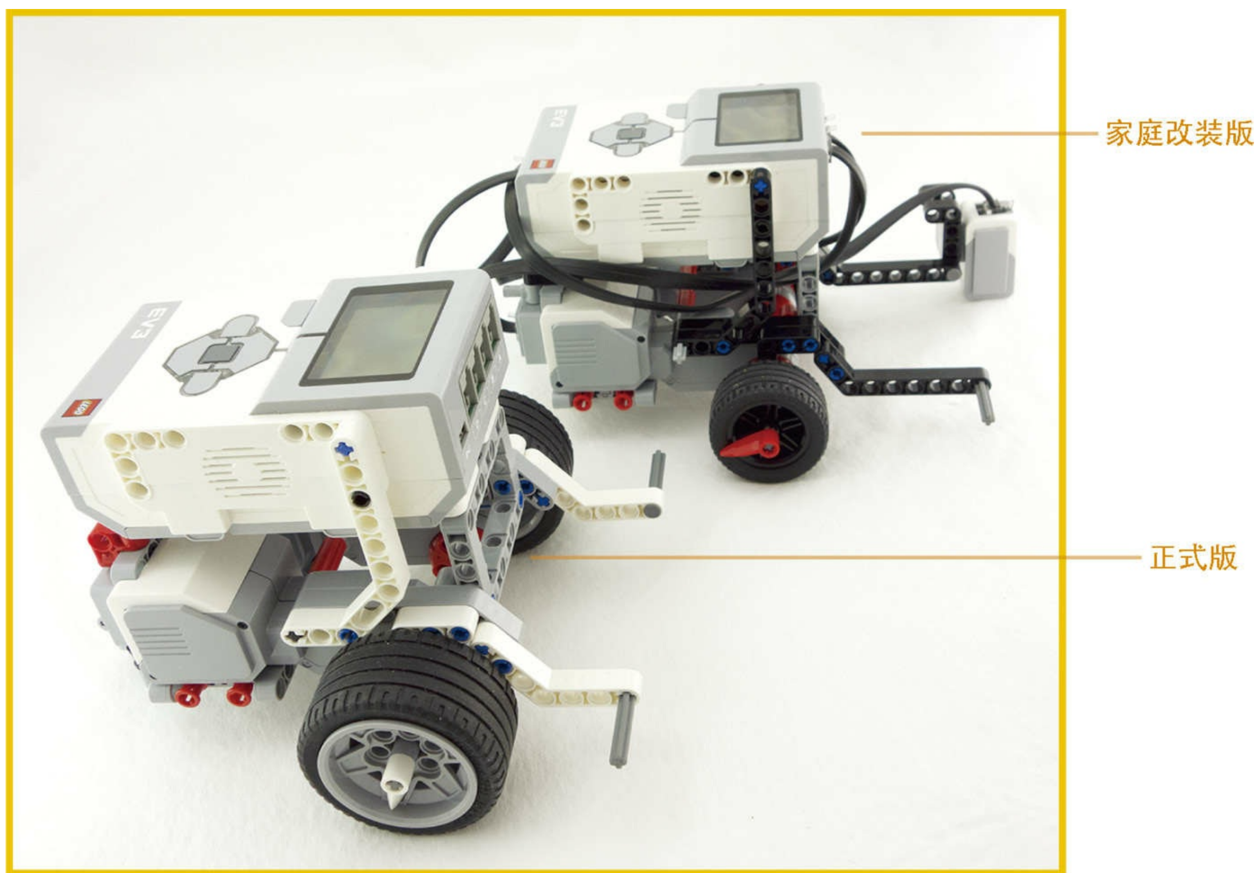


图6.19　教学机器人和家庭改装版的对比图

接下来我们就分几个部分来讲解一下整个搭建过程。

6.3.1　修改设计

第一步是搭建大部分的LEGO教学机器人车体。你可以在下面的机器人主页找到搭建指南：http://robotsquare.com/2013/10/01/education-ev3-45544-instruction/。但是，你需要对指南内容做出一些调整。 EV3家庭版里没有步骤8和步骤20所需的4M长的轴，因此你只能使用5M长的轴来代替，这意味着你的轴会多出边缘1M的长度（如图6.20所示）。

另外一个需要注意的差别是，家庭版中的轮毂尺寸要比LEGO教育版中的小一圈。这就迫使我们要对车辆前部进行第二处修改（参见下面的段落）。 LEGO教育版的轮毂离地稍微高一点，所以在步骤8和步骤20，你可以把车前部使用的角度梁调整得稍高一点。我们还需要使用黑色梁来代替原版的白色梁，它们略长一点，不过没关系。图6.21展示的是改装版机器人前部所使用的略长的黑色梁。

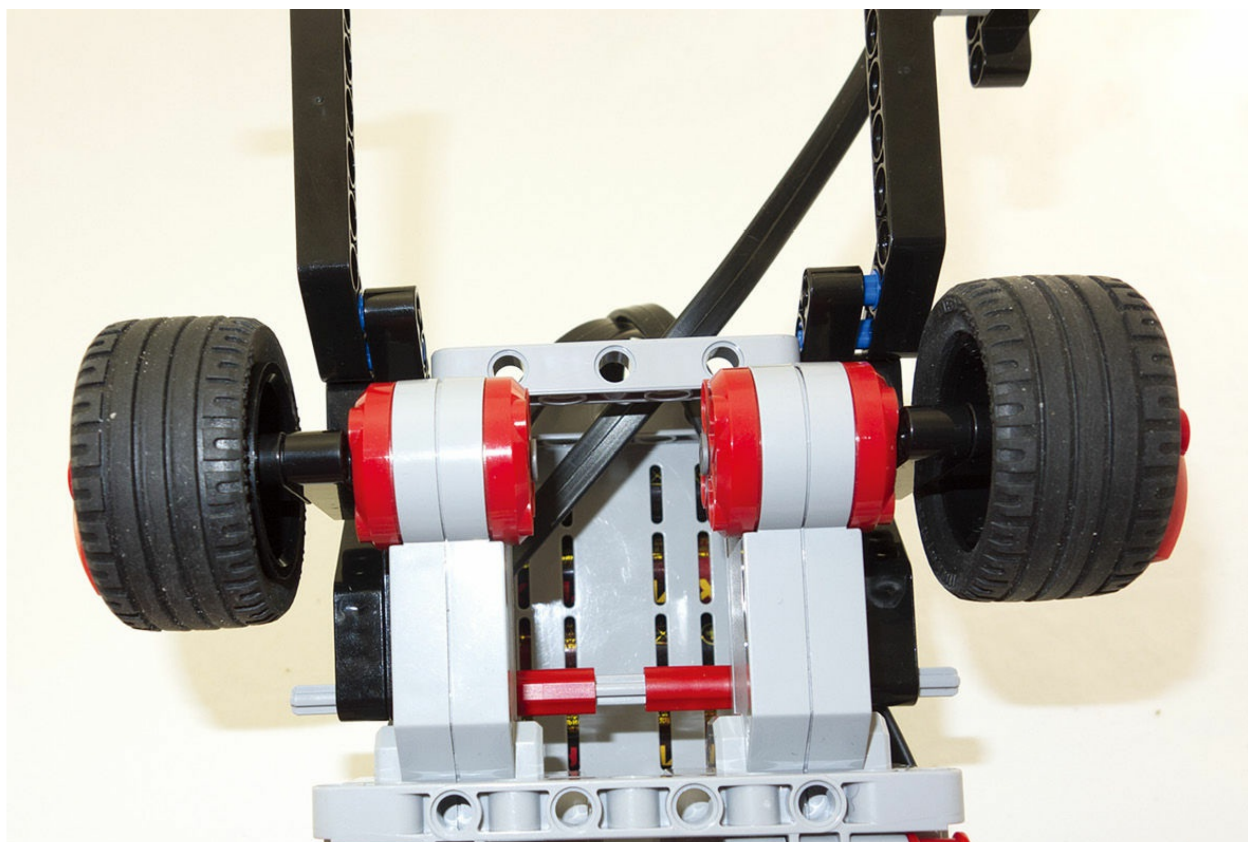


图6.20　轴凸出了边缘一点点



图6.21　改装版机器人的前部

6.3.2　球头万向轮的替代品

下面一个需要调整的地方是，我们需要用一些别的装置来代替LEGO教育版机器人上的球头万向轮。首先，我想到的就是套用一个红色球，可惜大小不合适，这个球是在一个装满梁和销的盒子中找到的。没办法，我们还是自己制作一个更像超市购物车所用的自位轮类的东西来代替它吧。换句话说，就是你可以用一个万向“轮”来替换一个万向“球”。

这里还有第二个问题：高度。不论你采用什么替换方案都要低一点，因为EV3家庭版套装的后轮要比LEGO教育版套装的轮子小。

有一个办法，就是采用最小的轮子配合“销坐标轴”来连接到顶部，步骤如下。

1．找到如图6.22所示的配件。

就是它的开口是圆形的，这意味着它可以自由旋转。

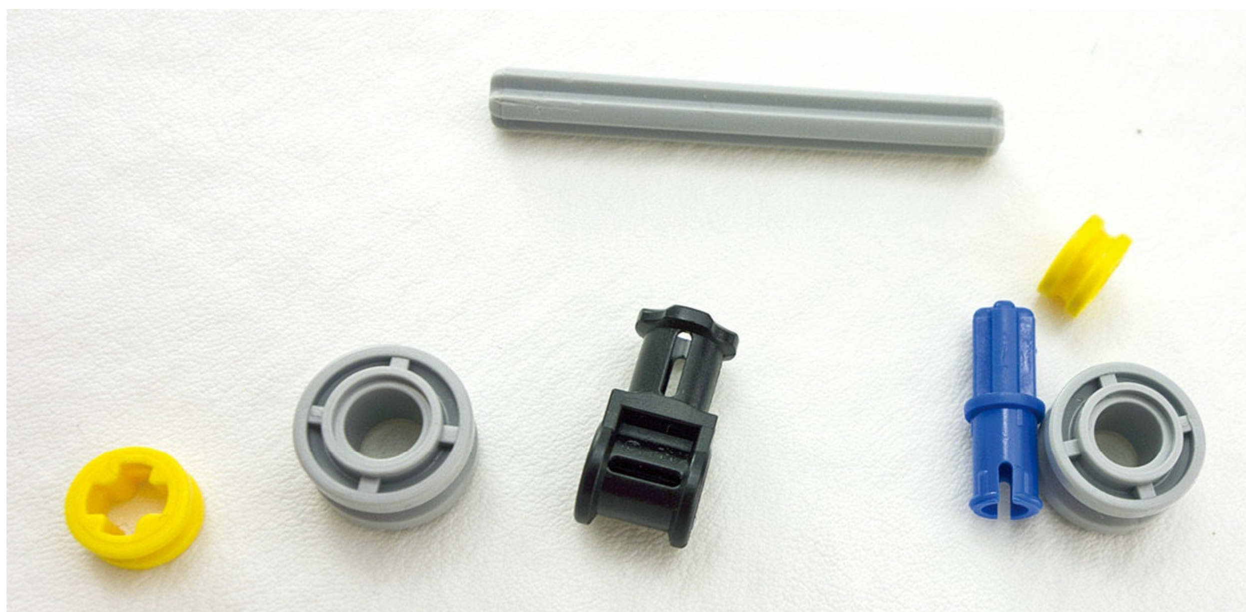


图6.22　制作万向轮所需的配件

2. 将轮轴穿过十字孔连接件，如图6.23所示。

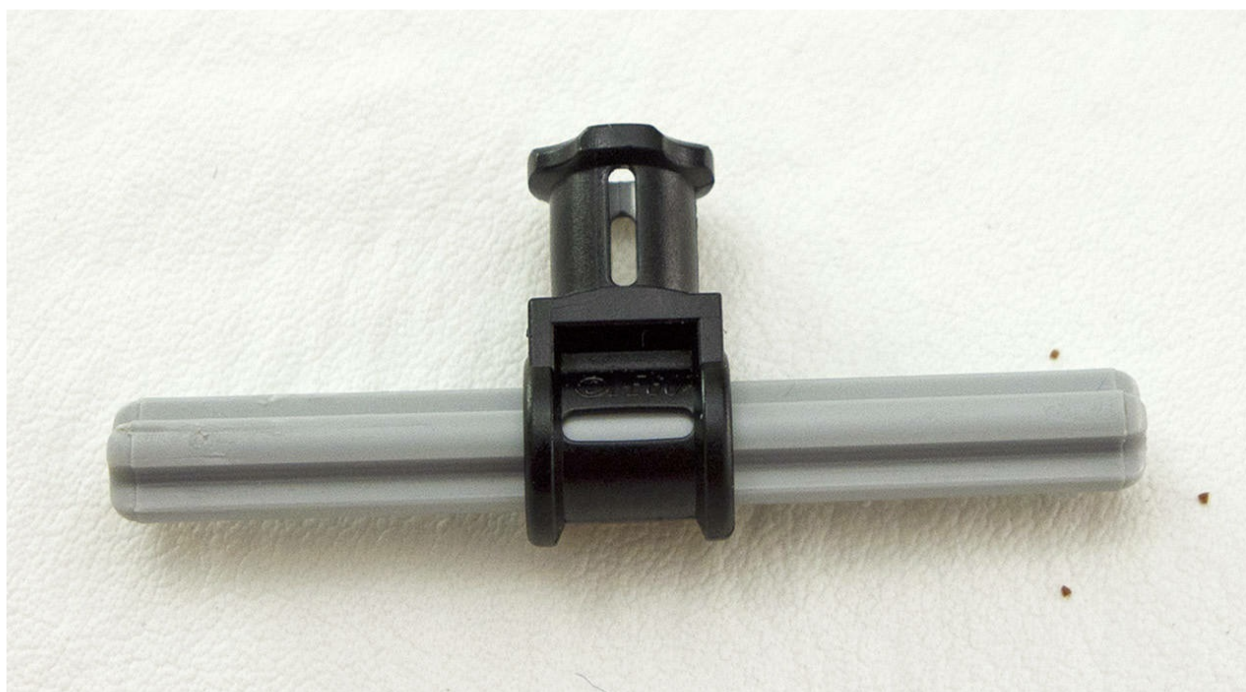


图6.23　轮轴穿过十字孔连接件

3. 将轮子套在轴上。最小的轮子与其他轮子相比有一个优势，那就是它的开口是圆形的，这意味着它可以自由旋转。

4． 但同时这也意味着它们转着转着就会从轴上滑落，你可以给两侧各配一个半长的轴套来帮助固定轮子。做完这一步，你手里的东西应该看起来跟图6.24差不多。

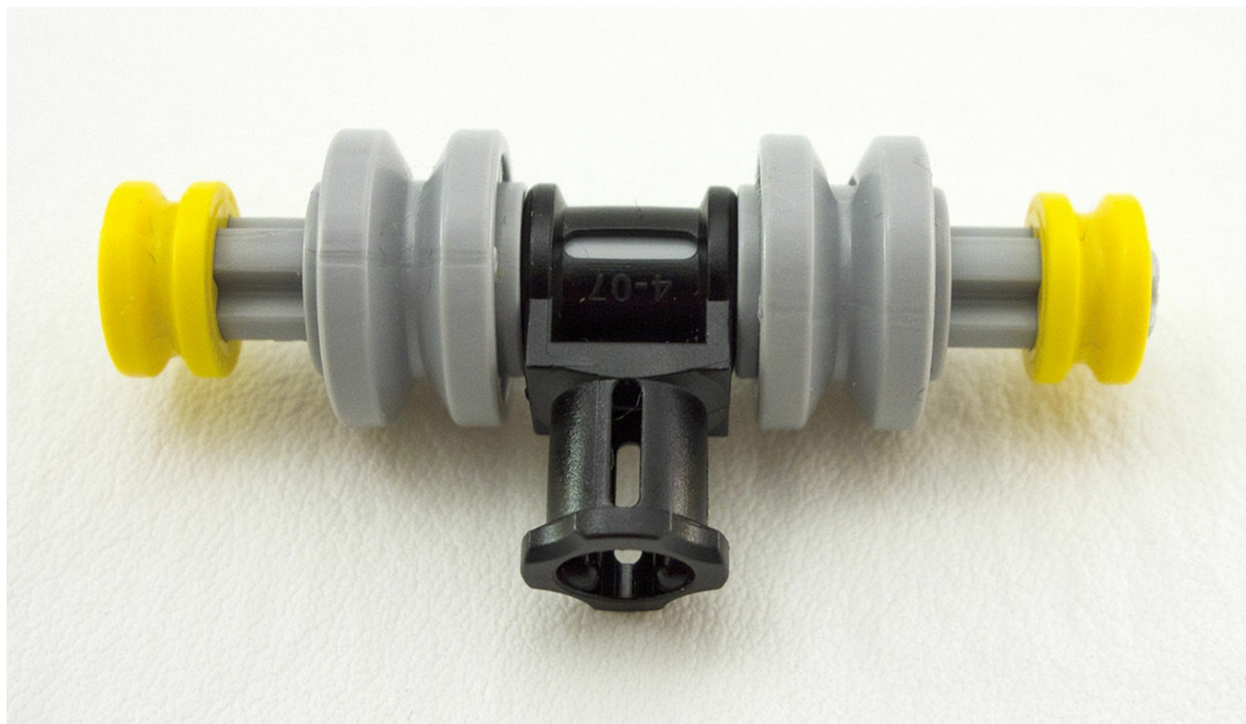


图6.24　轮子和轴套安装完毕

5． 将蓝色轴销转接头安装到万向轮上，如图6.25所示。



图6.25　蓝色的带摩擦力的销可以增加一个维度的旋转

当你选择使用这个蓝色的小部件的时候，你也同时做出了另一项妥协。那就是，这个部件并不光滑，会产生摩擦力，这会减慢以它为轴的旋转速度。有的时候这正是你需要的，但在这个项目上显然不是。轮子还是会转，只是不像其他部分转得那么自由。这事儿很重要吗？搭建好了之后自己体验吧。

> 注意
>
> 我们不给后轮上轮胎是因为那样会产生太大的摩擦力，影响转向，转弯的时候，机器人甚至会弹跳而不是平稳滑行。

现在，你需要给机器人前面装上万向轮了。

6．在这个机器人上并没有位于中央的开口向下的销孔，因此我们需要自己动手丰衣足食。首先，找两个交叉转换块，如图6.26所示。

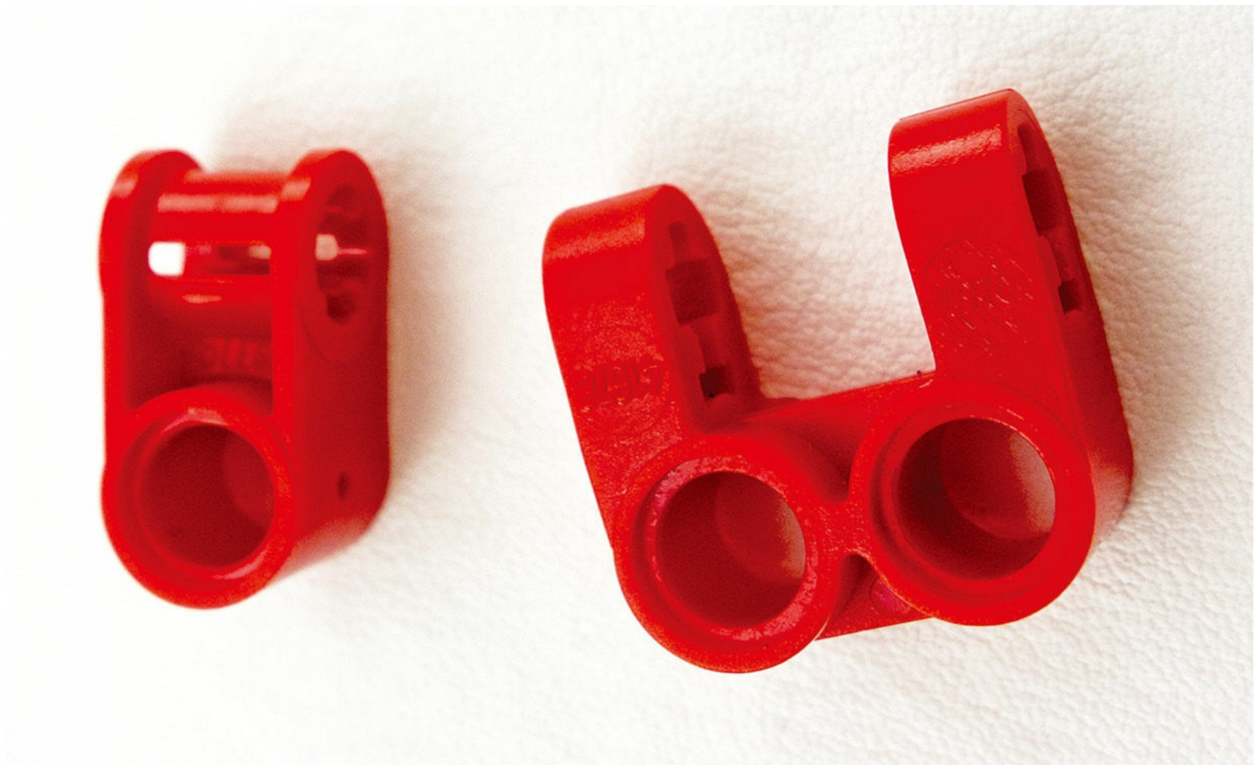


图6.26　我们用这些配件可以制造出一个在底部的销孔

7．用一个轴把它们固定到机器人底部，如图6.27所示。

8．把做好的万向轮安装到中间点，如图6.28所示。

这样一来就完成了。在我的装置上，目前的配置够用，但称不上理想。测试一下你的配置吧。如果它的实际效果并不像一个质量好的万向轮，那么你可以尝试用光滑的销来创造出一个没有摩擦的旋转维度。

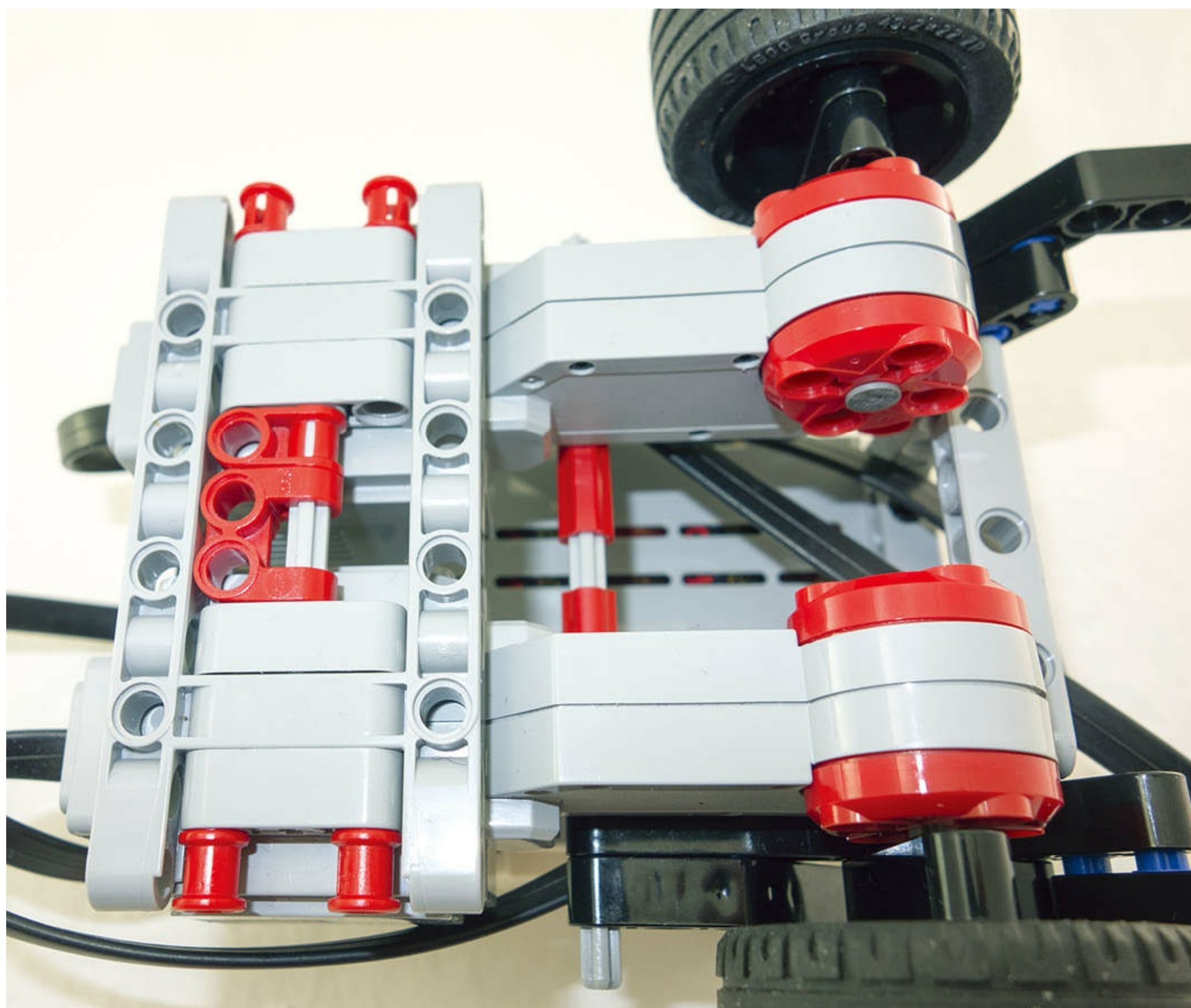


图6.27　轴将配件加固成底部的销孔

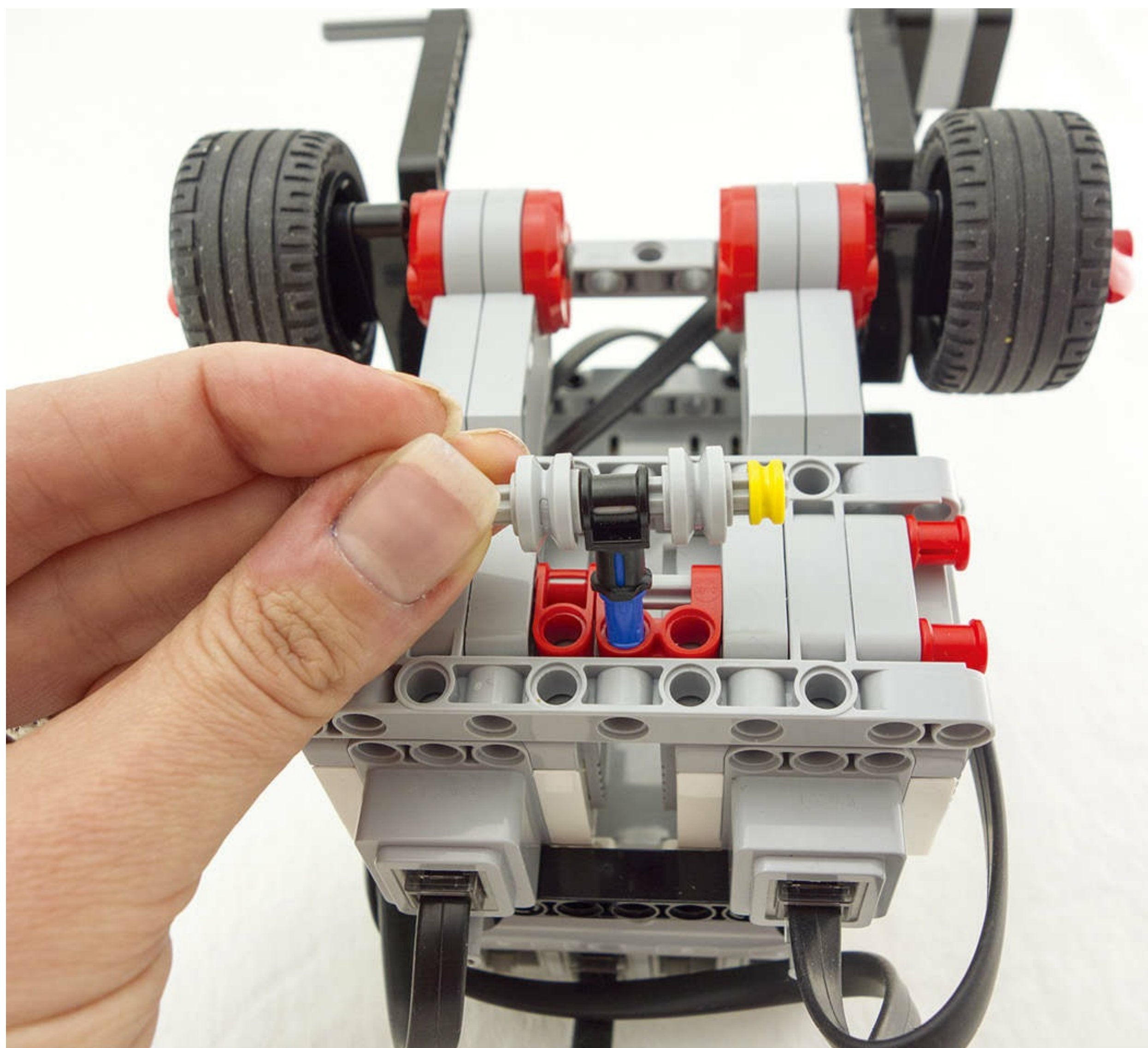


图6.28　把万向轮安装到机器人上

一定要注意，如果你这么改的话，一定要在装置较高的部分来安装，以免造成底盘框架倾斜。同时，你还必须要多注意稳定性，看看你的前轮能否独立支撑整个装置。检查一下你家里是不是还有其他LEGO科技系列的多余零件，很有可能你会做出一个很棒的改进设计。

仔细体验你的设计，直到你完成了一个可以平滑转向并且稳定的万向轮。完成之后，你就可以把颜色传感器安装并连接到装置前端。记得传感器要垂直向下，效果应该和图6.29所示的差不多。



图6.29　安装了颜色传感器的最终版机器人

连接哪个传感器接口（1～4）都无所谓，只要你记住所选择的接口。

还有，要记住，这个传感器会在第7章中用到，它会让你的机器人在通过终点时能够检测到终点线。传感器要朝下并且非常接近地面，但是千万别蹭到地面。这样做的目的是让传感器能够捕捉到足够的地面反射光线。

6.4　小结

在本章中，你体验了如何通过修改和改造现成的设计来搭建机器人。改装一个现成的机器人意味着，你可以在自己创新的同时利用其他现成的方案。在下一章中，你将会学习如何给这些LEGO机器人编程。

第7章　编写第一个EV3程序

本章教你编写EV3程序。你会用在第6章搭建的车辆，然后使它成为一个自我导向的、在线上停止的机器人。这一基本的程序将使你熟悉基本的EV3编程接口。

如果你有使用NXT 2.0的经验，你就会非常熟悉LEGO基本的编程系统。然而，EV3的系统有诸多更新，并且更加简便，也比以前的系统更加先进。在任何一章中，你都可以跳到你感兴趣的地方。

LabVIEW的诸多用途

EV3编程系统使用美国国家仪器开发的LabVIEW的一个版本。 LabVIEW是科学家和工程师在各种真实世界中实际使用的项目，如嵌入式芯片、风力涡轮机，甚至自动驾驶汽车。两个版本的LabVIEW技术含量不同，但它仍然是令人兴奋的EV3开发工具，并且可以模拟开发出未来的自动驾驶汽车。

读到这里，你应该已经下载并安装了MINDSTORMS EV3家庭版软件。在下面的讨论中， LEGO教育版与家庭版之间会有一些区别，但你可以使用两者当中的任一版本来完成这项工作。

7.1　关于LEGO教育版软件

正如第5章中讨论的那样， LEGO教育版是需要以99.95美元的价格从LEGO教育购买的EV3编程软件的版本，它的教学程序和模型搭建都是基于LEGO教育版套装的。此外， LEGO教育版软件还提供了两种独特的功能：数据记录和课程搭建。

数据记录特性使你能看到一个实时的图形化的可以从连接的EV3上输出的传感器数据。你也可以操控这些数据，并将它们用于那些使用传感器值的机器人编程，它的目的是展示教室中科学实验的一个强大功能。

教师和团队领导者都可以使用课程搭建特性来为学生设计课程。此软件也是可扩展的，LEGO教育还销售极具特色的以LEGO教育工程项目或太空探索为主题的课程包。

如果你在教一个班级或领导一个家教小组，这些课程包就很有用，但是它们对单独的EV3家庭版并没有用处。个人在家中没有与团体合作的交流问题，他们一般不需要调整具体项目的课堂学习目标。

本章主要关注EV3家庭版软件，因为它对所有人都可用，并且下载是免费的，而且适用于所有EV3。完成基本的编程要使用与教育版相同的编程接口，如果你在使用LEGO教育版软件，你应该能非常顺利地完成搭建。

7.2　入门

在前面的章中，你（希望是）已经下载和安装了一个或多个程序到你的EV3。本节介绍从电脑传输程序到你的机器人的基础知识。如果你已经掌握了这个技巧，这一部分就应该是复习了。

接下来，让我们开始吧。

7.2.1　在大厅中导航

当你运行EV3家庭版软件，一个类似如图7.1所示的闪屏就会出现。它会制造噪声，并让机器人走动来吸引你单击它。让我们从屏幕的下方往上来了解。整个屏幕被称为“大厅”。

屏幕的最下方是“快速启动”区域，包含有教程视频。通过箭头导航，你也可以切换到“新闻”标签页查看公告或切换到“更多机器人”标签页来查看更多的机器人搭建指导和程序。



图7.1　大厅是你运行EV3家庭版软件时打开的屏幕

往上看，你会看到机器人区，在你看屏幕其他地方的时候这里就开始嗡嗡作响，机器人在乱动。这个区域可以启动示例机器人项目里的搭建指导和程序。单击左边、右边的箭头切换屏幕，可以看到更多机器人。如果你单击一个机器人，红白圆点就会出现在机器人上。单击一个点（见图7.2），它会揭示关于机器人的特定部分的细节。比如，在Ev3storm中可以瞄准并将球射出。

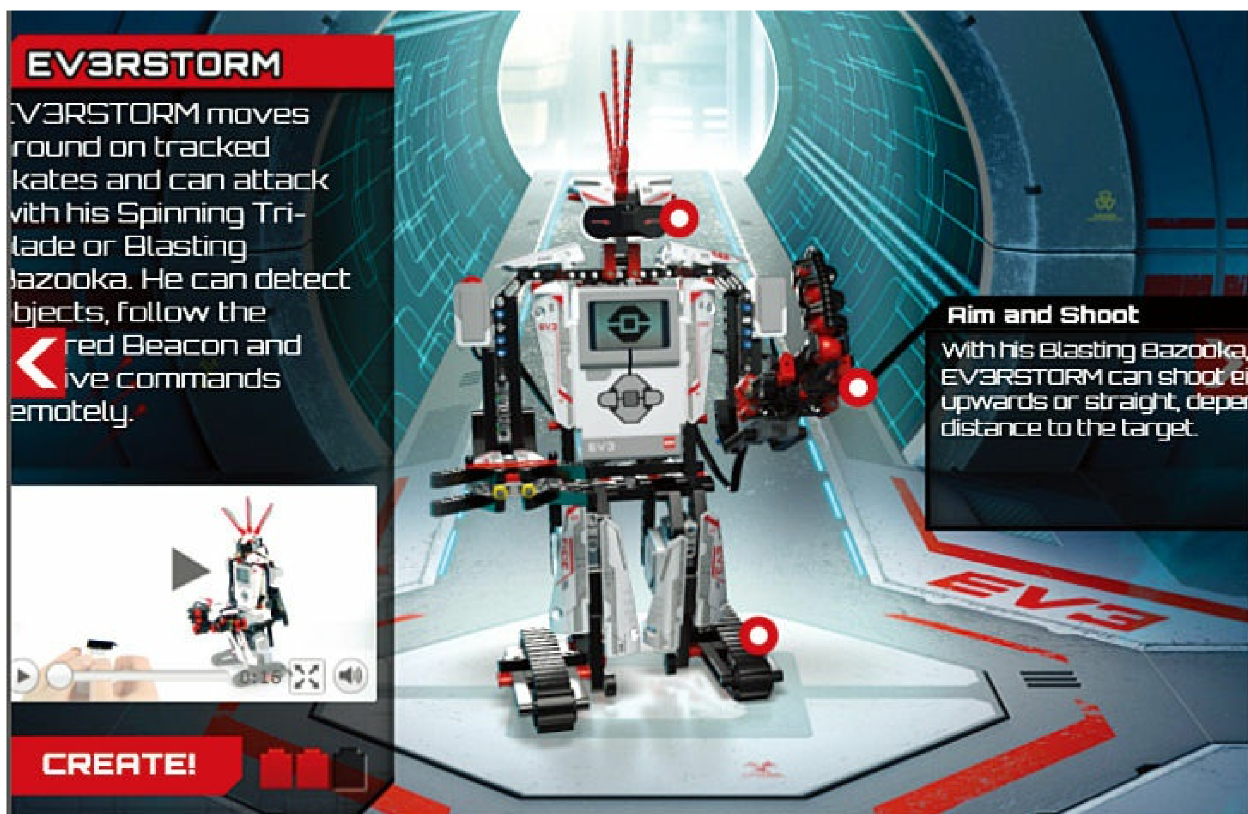


图7.2　使用箭头来查看更多机器人

如果你单击屏幕左方的“创建！”按钮，将会运行搭建指南，并且加载任务的示例程序。如果你单击大厅右上方的“打开最近”标签页，你可以打开任何你曾经使用过的项目，无论是示例程序还是你的创意。

然而，本章并不是关于搭建机器人以及使用示例程序的，而是关于如何制作你自己的机器人的。从这里开始，你将从零开始编写你自己的程序！

提示

一个项目是一个包含程序和所有的图像和运行它们所需的其他文件的容器。你也可以一

次性操作多个项目并保存下来，还可以与他人分享你的进度。

7.2.2　新建一个项目

在你新建一个程序之前，你需要建立一个项目。来到大厅并单击加号标签页来做到这件事（如图7.3所示）。



图7.3　单击加号来新建一个项目

当你单击这个图标时，项目区会出现。你应该看到一个大概类似图7.4的屏幕。

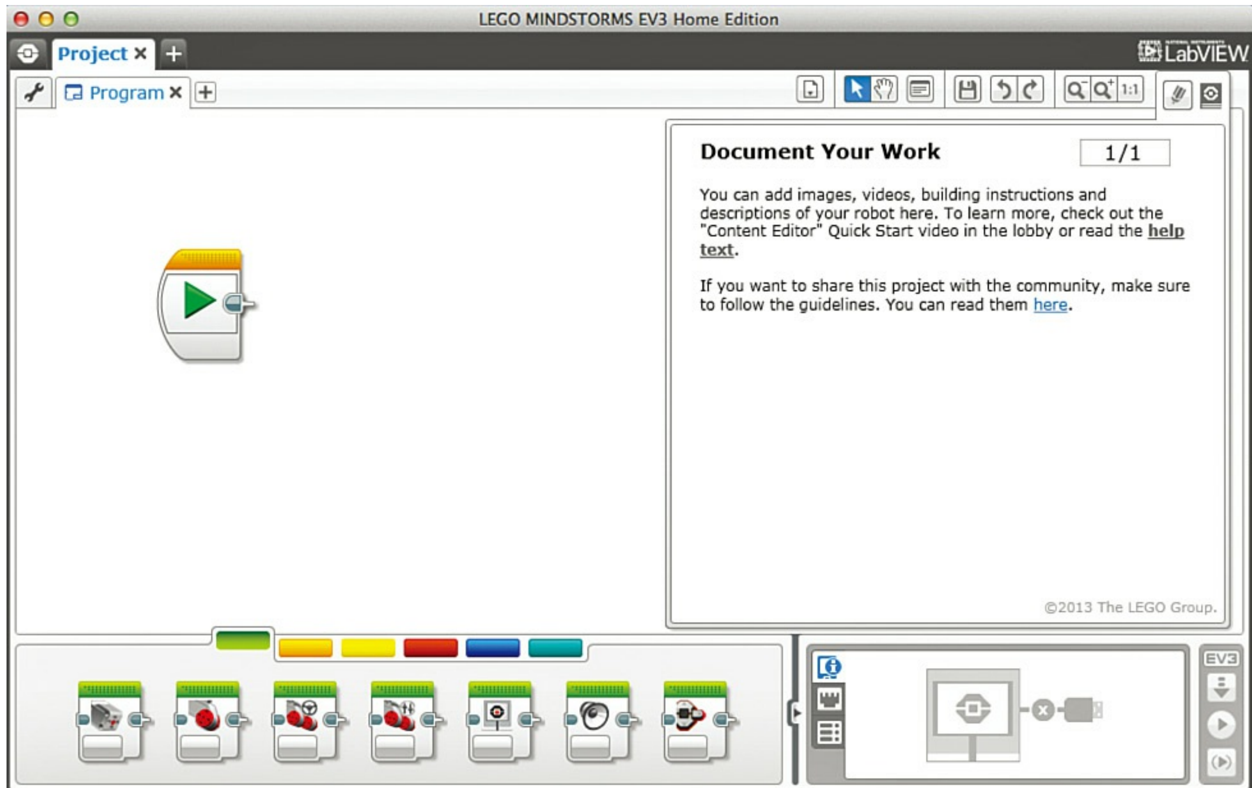

LEGO MINDSTORMS EV3 Home Edition
Project
LabVIEW
Program
Document Your Work
1/1
You can add images, videos, building instructions and descriptions of your robot here. To learn more, check out the "Content Editor" Quick Start video in the lobby or read the help text.
If you want to share this project with the community, make sure to follow the guidelines. You can read them here.
©2013 The LEGO Group.
EV3

图7.4　项目区如何出现

7.3 了解编程画布

你已经新建了一个新项目，很简单，不是吗？现在是时候开始学习编程软件的界面或画布了，这才是真正意义上的第一步。这一步从如图7.5所示的最上面的一行开始。



图7.5　编程画布的最上面一行

最大的变化是现在你打开一个新项目，将会打开一个“Project”标签。单击“Project”标签左边的“MINDSTORMS”标志会将你带回大厅。右边的加号可以打开另外一个项目，你可以一次打开多个项目。这样一来，如果你想将元素从一个项目复制到另一个项目或者重用元素将会非常方便。

让我们看向左边的下一行，如图7.6所示。

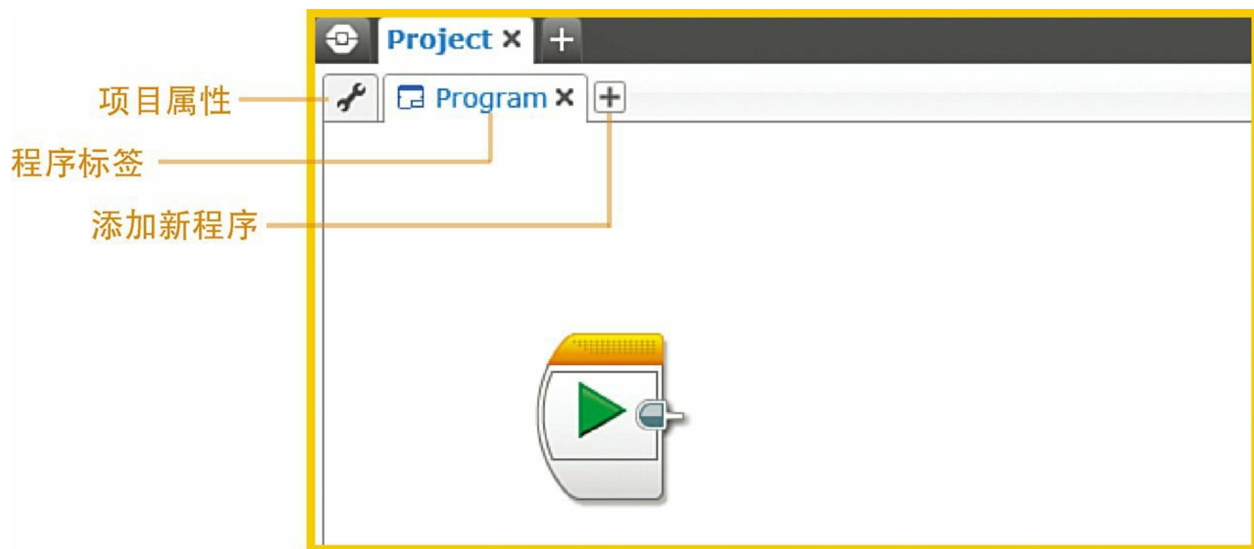


图7.6　仔细观察项目的第二行

左边的“扳手”向你展示项目属性。我们只需要单击一下。对于一个新项目而言，这里会没有属性。如果你从大厅打开了一个示例程序，你将会看到清单，清单上面包含项目的程序、图像、声音、项目的描述以及标题等。在你新建了一个项目并有足够的信心来分享时，项目属性标签实际上是让你分享到MINDSTORMS社区的工具。

“Program”标签（“Project”标签的下面）是你创建程序的区域。单击它没有反应，但如果你在“项目属性”标签或者在另一个程序标签里，单击它就可以回到编程区域。

右边的加号标签会创建程序，千万不要跟“Project”创建项目搞混。你可以在项目里创建多个程序，但如果它们被设计成在一起工作，那么你就需要把它们放在同一个项目里。

再看第二行的右边，如图7.7所示，这里会有更多的编程区命令。

如果你把光标悬停在按钮上，会出现它的名称，应该会提供给你一些提示。你可以在下一段更多地了解这些控件以及其他东西。



图7.7　画板工具栏的右边

7.3.1　程序列表

第一个按钮——“程序列表”，会向你展示在项目属性中所有活动的程序清单。如果你有一个极其复杂的项目，并且打开了许多个标签，而需要快速在它们之间导航，这个功能就很方便。

为什么你需要在一个项目里面建立多个程序呢？因为有时候你需要用不同的方法实现同样的任务，或者把一个大项目分成多个小部分，亦或需要几个不同但相关且不需要同时运行的程序，如分割一个遥控的程序。

7.3.2　选择或平移

选择与平移按钮组（表示为一个箭头和一只手）在你拖动屏幕中的编程块时会用到。那只手是平移工具，它可以移动编程窗口中的视角。如果你有一个非常大的程序，并且想在一个特定的区域工作，可以使用平移工具来移动视角到正确的区域。

7.3.3　注释

注释的功能是向程序员传递信息，并且它是经常用到的一个工具，包含源程序员或其他人修改了什么，或者创造了什么。当你单击“注释”按钮，它会创建一个小的注释框。你要拖曳这个框到编程画布上，

然后开始向框里键入注释。

就其本身而言，一条注释不会做任何事，它像便条一样，可以将它贴给自己或者别人，来让别人知道为什么你做了一个特别的选择。你可能会感到惊讶，因为你在几天后就可以忘掉它，所以写注释能让你之后在寻找错误来修补时更加快，并且更流畅地工作。如果你想成为一名专业程序员，有用的注释也能让专业的程序员很开心，所以注释是一个很好的习惯。

正如我讲的那样，“注释”按钮只是为了简短地说明。如果你需要更长或更详细的信息，你应该使用“内容编辑器”，我会在本章的下文向你介绍。

7.3.4　保存、撤销与重做

如果你经常使用Office风格的应用程序，保存、撤销与重做按钮对你来说应该很熟悉。保存按钮就像老式的硬盘图标，让你能保存整个项目；向左弯曲的箭头是撤销按钮，能让你撤销在项目里的最后一个操作；向右弯曲的箭头是重做按钮，可以重做你误撤销的操作。

7.3.5　缩放

缩放按钮组合在一起，可以让你操纵编程窗口，使模块变得更大或更小，而“1:1”按钮可以将缩放设为默认值。你可以组合使用这两个按钮，并且结合平移按钮来看看程序相应的部分。

7.3.6　内容编辑器

最后，我们来关注顶行的最后一项——“内容编辑器”，如图7.8所示。

当你创建一个新项目，默认的内容编辑器会打开，告诉你要完成的工作。使用这一特性你可以在程序中使用文字引导、图片、视频、链接以及交互式元素来展示你的项目。如果你想把程序分享在MINDSTORMS社区，你将会大量使用内容编辑器。

单击“铅笔”按钮来开始编辑你的文档，因为稍后你就会在书中这样做，所以现在最好先单击“铅笔”按钮右边的关闭内容编辑器按钮

（MINDSTORMS符号）。这应该会关闭整个窗口，并且让它从你的屏幕消失，所以你可以看到编程画布。

关闭窗口后，按钮应该看起来像一本书（如图7.9所示）。

在任意时候你都可以单击“书”按钮来重新打开内容编辑器。这样一来，你就可以随时编辑你的文档。

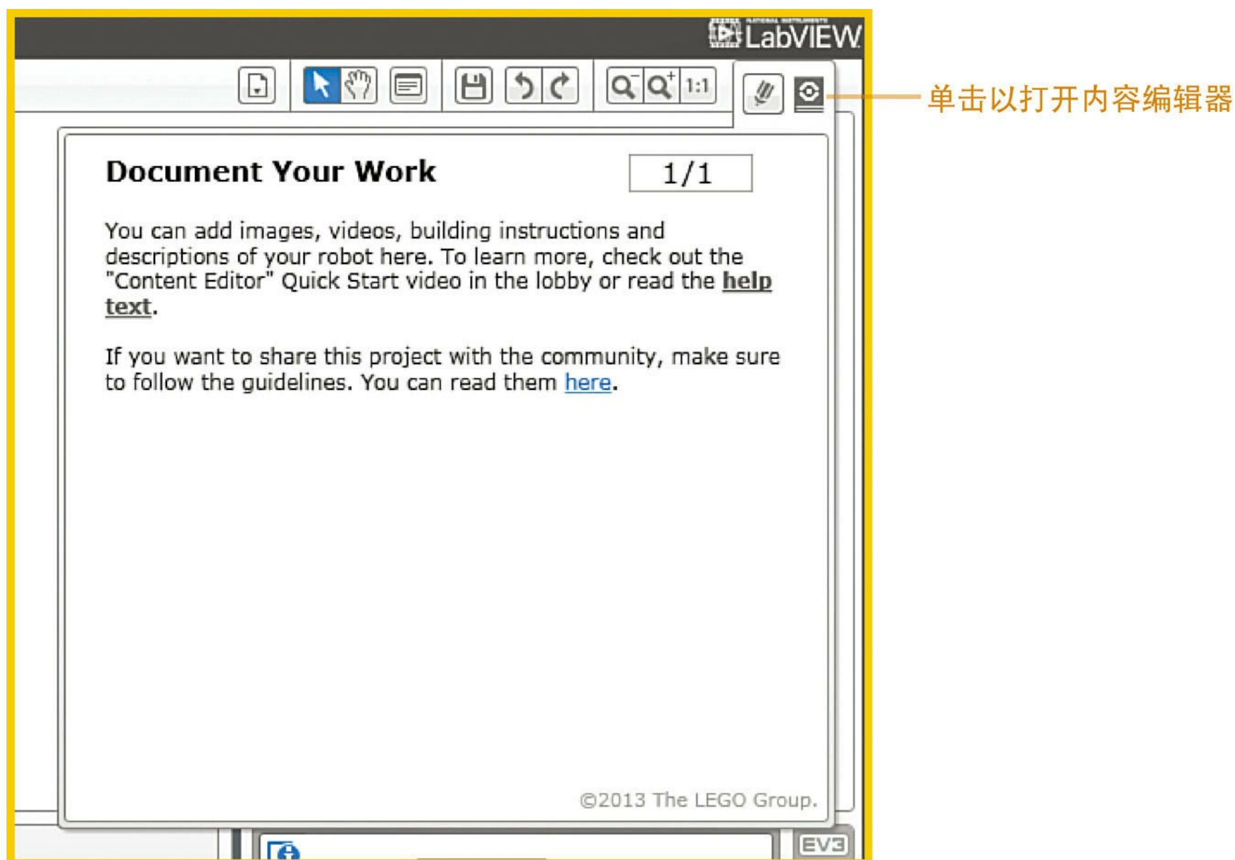


图7.8　使用内容编辑器来编写更长、更详细的项目概览

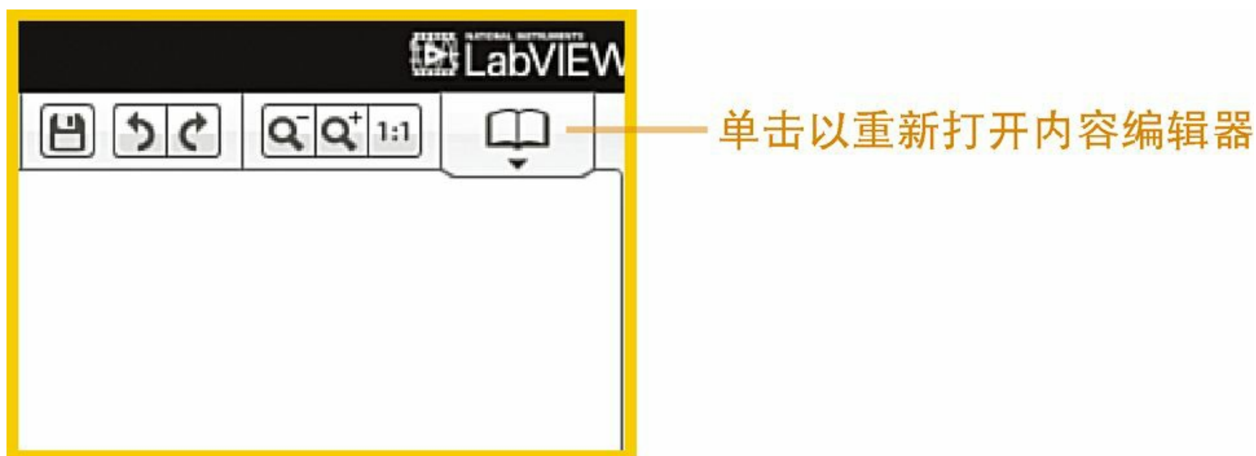


图7.9　内容编辑器关闭了

7.3.7　编程画布、模块和调色板

编程画布（如图7.10所示）是你的主要编程区域。它的下面是调色

板（模块面板），它是你的模块来源，每一个模块都有不同的作用。

默认在最开始时只有一个编程模块：开始。在你搭建程序时，你会从调色板拖曳并调整不同的模块到你的程序。画布上面可以有单独的编程块，但是直到你将它们连接到你的开始编程块为止，它都不会做任何事。我会在本章的7.4“编写第一个程序”一节讨论更多的详细内容。

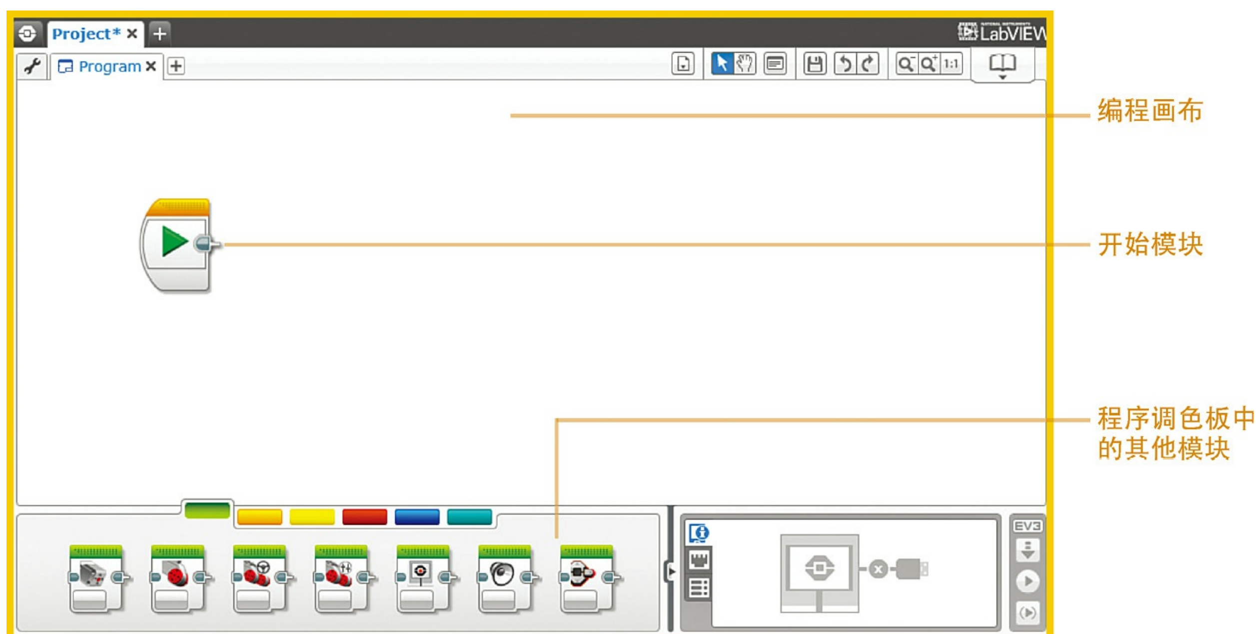


图7.10　编程画布和调色板

注意调色板的顶部有几个带有颜色的标签页。单击每一个标签页来看看每一个特定区域的模块，以下是每种颜色的意义。

- 绿色是动作——这些模块使你的机器人移动、发出声音、亮灯或者在屏幕上显示什么。
- 橘黄色是流程控制——这些模块可以使全部或部分程序循环、开始或者停止。
- 黄色是传感器——这些模块用来测量和感应。你可以从传感器获取反馈，但是你也可以从不常用的“传感器”获取信息。比如，检测一个电机转动了多少度或者经过了多少时间。
- 红色是数据操作——这些模块帮助你进行数学操作或控制数字，你还可以新建变量或生成随机数。

- 深蓝色是高级——高级模块做诸如蓝牙操作或获取原始数据之类的事。
- 蓝绿色是我的模块——你可以创建你自己的模块，如果你想在多个项目中做同一个动作，你可以将这些动作放在一个模块中，然后将它载入调色板以便使用。比如，你可能想在你所有的项目上把你的名字显示在屏幕上。

7.3.8 连接区

在调色板右边的“连接区”是你用来连接你的EV3到电脑以及将程序下载到EV3的区域（如图7.11所示）。

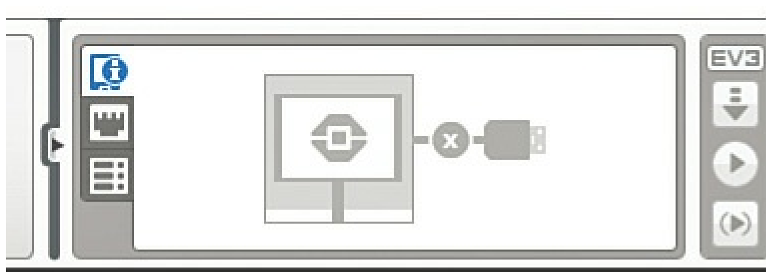


图7.11 连接区

你可以使用一根USB线缆连接EV3，也可以通过Wi-Fi或蓝牙配对来无线连接。希望你在第4章以及第5章尝试过的几个示例机器人中已经成功连接并传输了文件。不过，如果你没有完成的话，请不要灰心，我会在我们完成所有步骤之后开始讲解第一个程序。

7.4　编写第一个程序

现在已经运行了EV3家庭版软件并开始了一个新项目，是时候真正开始编程了。在此练习中，使用你在第6章中搭建的LEGO教育版机器人，如图7.12所示。它应该具有一个光电传感器，并且对准了地板。



图7.12　使用EV3家庭版搭建的修改版教育机器人

> 提示
>
> 如果你有一个LEGO EV3教育版套件，就可以使用LEGO教育版机器人的搭建指令，否则请参考第6章所述的修改版内容。

你想在程序里做的第一件事可能就是让机器人走直线，直到它遇到一条黑色的线，这时机器人就应该停下来。

7.4.1　流程图

有时，在开始编程前做一张流程图能有助于更加清晰地表达整个程序应该如何工作。图7.13展示了线检测程序的示例流程图。你不需要一个很复杂、很花哨的应用程序来制作流程图，甚至可以仅仅使用纸和笔。然而，如果你想要一个软件的解决方案，你可以使用Gliffy来创建流程图。你可以在http://www.gliffy.com/上找到它。

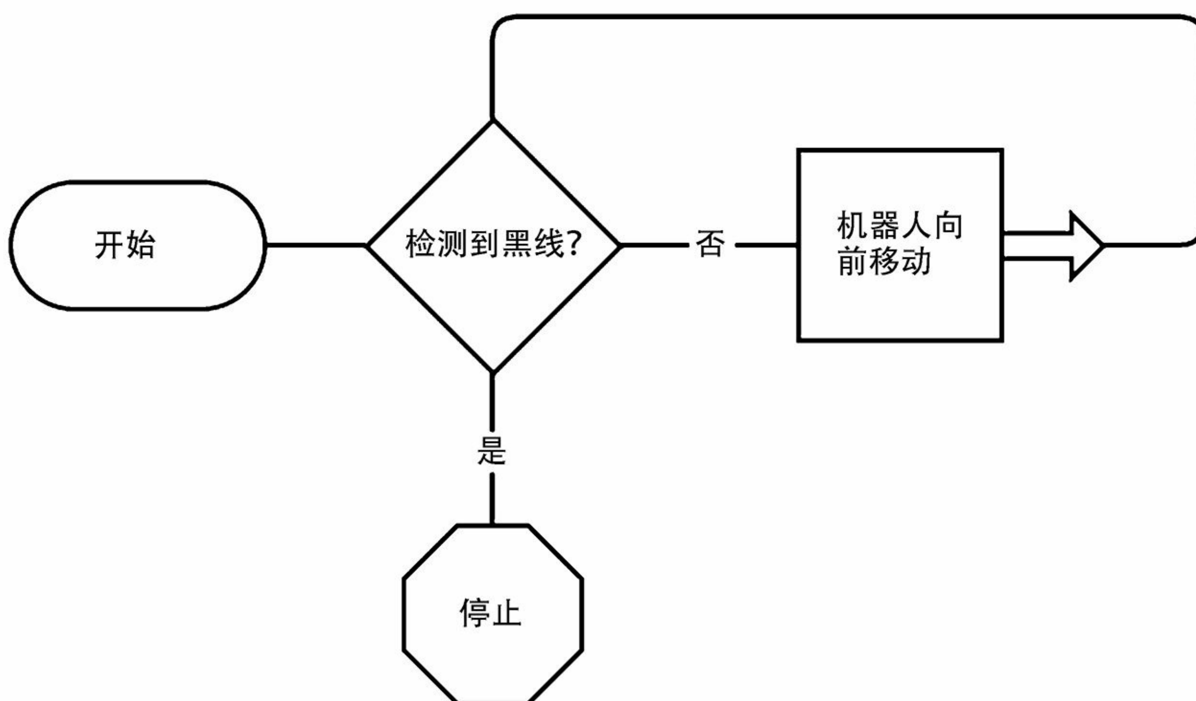


图7.13　我们的程序的基本流程图

线检测程序仅仅在传感器没有检测到线时往前走，然后在传感器检测到线的时候停止。当你进一步深入LEGO编程，你会看到EV3家庭版的软件就非常像流程图。

7.4.2　将块拖入编程画布

编程画布是你创建程序的地方，你需要从调色板拖曳模块过来。

当你打开一个新的项目时，开始模块已经存在于画布上，根据流程图的介绍，下一步是检测你的机器人是否检测到黑色的线。这就是图7.13中描述的“检测到了线吗？”的问题。传感器应该可以感应到。当然，在这种情况下，颜色传感器将被连接到EV3的前部，以便于检测黑

线。为了找到正确的模块，请按照以下步骤操作。

1. 单击调色板上面的黄色标签页（如图7.14所示）。

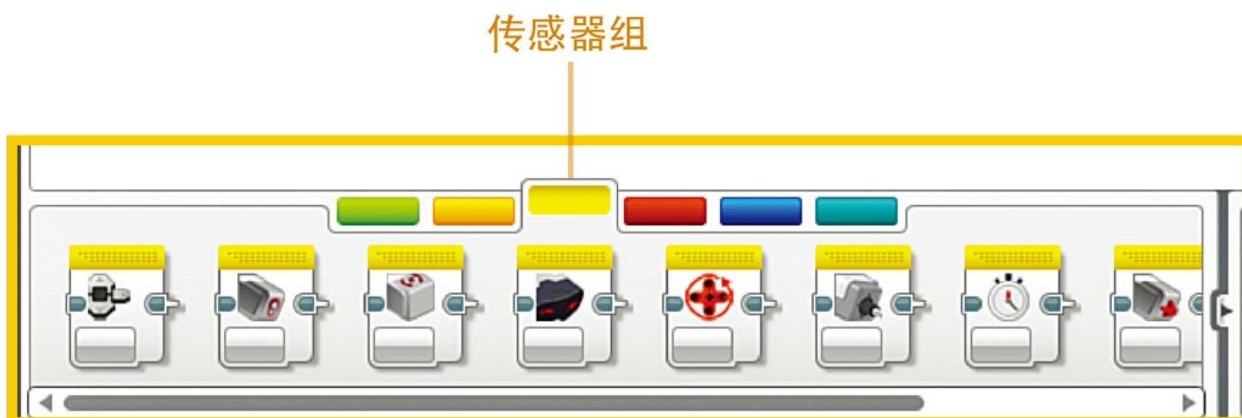


图7.14　从黄色的传感器组抓取模块

2. 找到调色板上面的颜色传感器模块。颜色传感器模块上面有一张颜色传感器的图片，但是如果你因为不知道应该选什么而感到困惑，就只需要将光标悬停在模块上，接着它的名字就会显示出来。

3. 将颜色传感器模块拖动到编程画布上开始模块的后面，如图7.15所示。

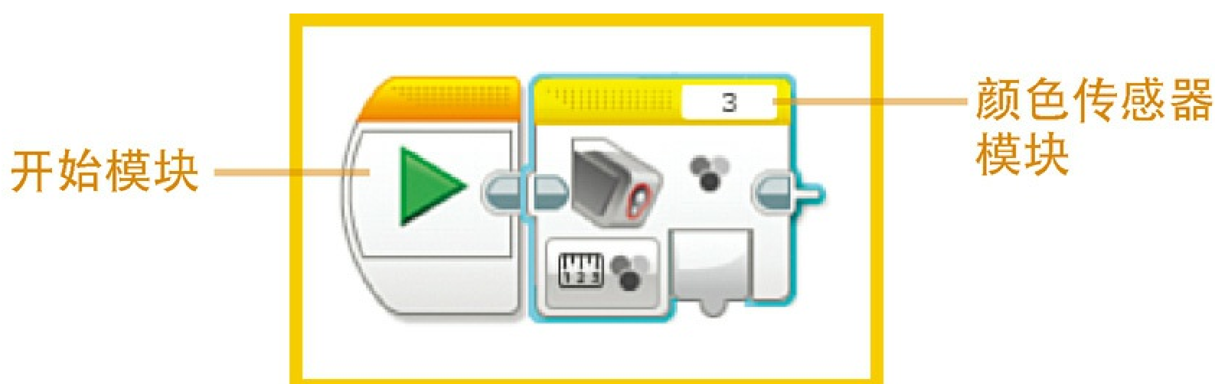


图7.15　将颜色传感器模块拖动到编程画布上

大多数情况下，你会将模块挨在一起，因为它们都是同一片段的部分，这样它们会自然扣在一起。有时候我们更喜欢在一个窗口里面查看片段并且分割长的模块串，这样可以使你的工作过程更加方便，否则你可能还得工作在一组模块的另一个区域。当然，你也可以分割这些块并

且使用片段线使它们仍然工作在同一个片段。

在每一个模块的最后有一个小小的灰色标签，类似焊接时的焊缝。如果你单击并拖曳这个标签，你的鼠标光标会变成一个类似于线轴的图标。这是一条片段线，你可以拖动这条片段线把一个模块连接到另一个模块，如图7.16所示。



图7.16　使用片段线连接一个片段的块

对于这个程序，最好使模块保持紧密连接在一起。

7.4.3　更改模式

现在你需要调节这个传感器模块，这个传感器模块实际上可以利用机器人上的传感器完成很多事。在默认情况下，它被设定为检测颜色。听起来这就是检测黑线所需要做的事，但是实际上有更简单的方法来做这个操作，那就是检测光线反射强度。请按照以下步骤来选择模式完成这一点。

1．单击传感器模块右下角的“测量”工具，这个区域是模式选择器（如图7.17所示）。



图7.17　单击模块选择器

一个包含“测量”“比较”和“校准” 3个项目的下拉菜单会出现，你可以使用“测量”来知道一个物体是什么颜色，或者它是暗还是亮。这个方法可能会有用，但是这不是使这个项目的工作最有效的方法。

2．我们需要程序将反射光强度与阈值进行比较，选择“比较”操作，如图7.18所示。

此时会出现3个更多的选项，让你选择使用何种方式进行比较。

- “颜色”用于比较颜色，如你能测试什么东西是红色的。
- “反射光强度”使用传感器发出红色的光，然后检测多少光反射了回来。这是检测传感器旁的东西是黑色还是白色的最好方法。

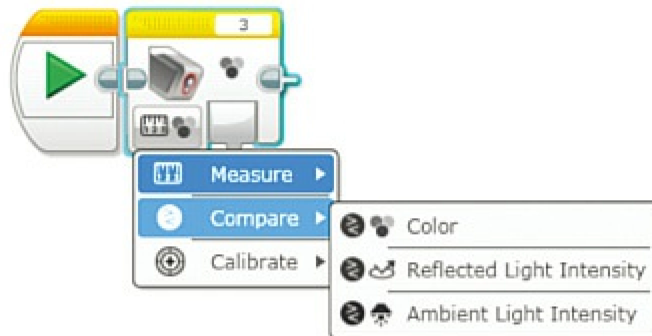


图7.18　选择“比较”操作

- “环境光强度”可以检测环境是明亮的还是黑暗的。如果你只想检测房间有多黑暗或是多明亮，这是不错的选择。你可以使用它来检测你是否需要在照相机上使用闪光灯。

3.　单击“反射光强度”选项，因为它对于我们的机器人是最有意义的。你的模块会立即显示出一些更多的选项，如图7.19所示。



图7.19　有多种方法来比较光线

4.　上面的“<”符号有一些你希望传感器工作的模式。如果单击“4”，几个其他的属性会出现，供你直接选择，如图7.20所示。

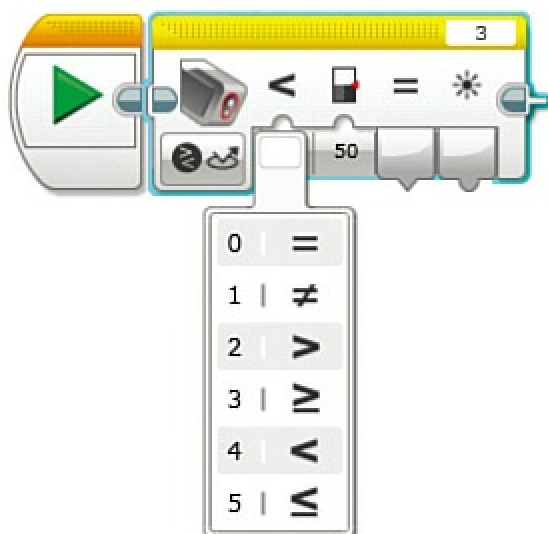


图7.20　“比较”的扩展选项

正如你所看到的，你可以看到排序的各种分类：大于、大于或等于、小于、小于或等于。比如，你是否想要一个值完全等于阀值，如全白或全黑？你是否要一个值不等于阀值？当你想让机器人在值不是黑色的时候前进时，“不等于”选项将会变得非常有用。

在这种情况下，你可以选择检测反射光强度是否在50以下，这是默认的中间值。因为你需要机器人检测一条黑线而不只是一块黑色的补丁或者地板，所以设置它到20。在第8章中，我会讨论如何校准你的传感器，以使阀值更加精确。

7.4.4　检查端口

你的传感器模块的右上角是传感器端口号，请确保它与实际连接到EV3的传感器端口相对应，现在它应该是3。如果它不是3，你可以单击它并修改（如图7.21所示）。

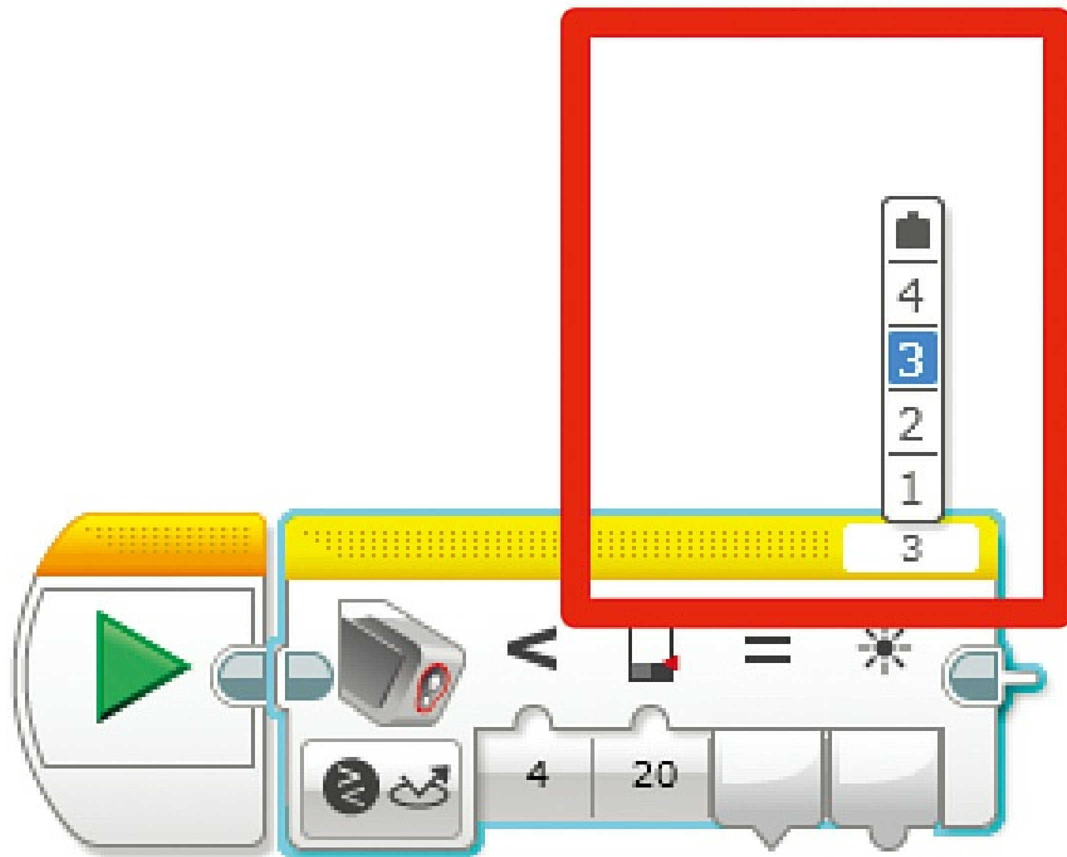


图7.21　传感器端口可以在这里修改

7.4.5　使机器人移动

现在你需要弄清楚怎样使你的机器人移动，如图7.31所示的流程图上面的“使机器人前进”。如果你的机器人使用第6章中的原版，大型电机就连接在端口B和端口C（记住字母端口控制电机，数字端口控制传感器）。

编程调色板上面的绿色标签包含控制模块，让我们从这里开始。以下几个模块可能控制轮子。

- 第一个是中型电机模块，你可以直接将它排除，因为你使用的是大型电机。
- 第二个是大型电机模块，听起来不错，但是如果你将它拖到画

板，你会看到它一次只能控制一个模块。这意味着你需要两个大型电机模块且必须运行在同一时间。

- 第三个是移动转向模块（如图7.22所示），它是你的项目所需要的正确模块。

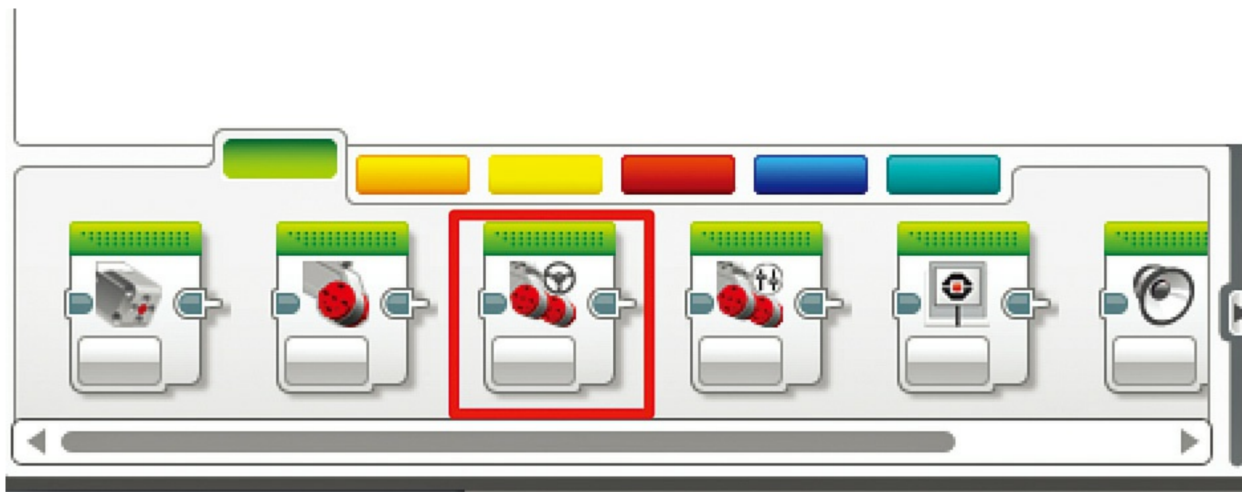


图7.22 用小方向盘分辨移动转向模块

移动转向模块可以同时控制两个大型电机，并且它会使电机使用相同的功率移动或旋转。请将它拖曳并连接到画板中项目的其余部分。

> **提示**
>
> 值得一提的是，有一个模块叫作移动槽模块。它也允许你同时控制两个大型电机，但是它也可以让你能单独控制每一个轮子的转动，就像连接在一起的两个大型电机模块。在这个项目中，使用它会有些大材小用，因为你只是希望你的机器人碰到黑线就停止向前移动。

1. 移动轮子

仔细观察移动转向模块的选项（如图7.23所示）。第一个左下角的第一个选项是让你选择要如何移动轮子。你可以使它们关闭或者保持开启状态。你可以以秒计时来开启它们，并计算要旋转多少度或设置旋转的圈数。我喜欢使用单独的旋转，但是第二功率也能工作。你只需要小小地往前移动，看机器人是否已经到达了黑线即可。

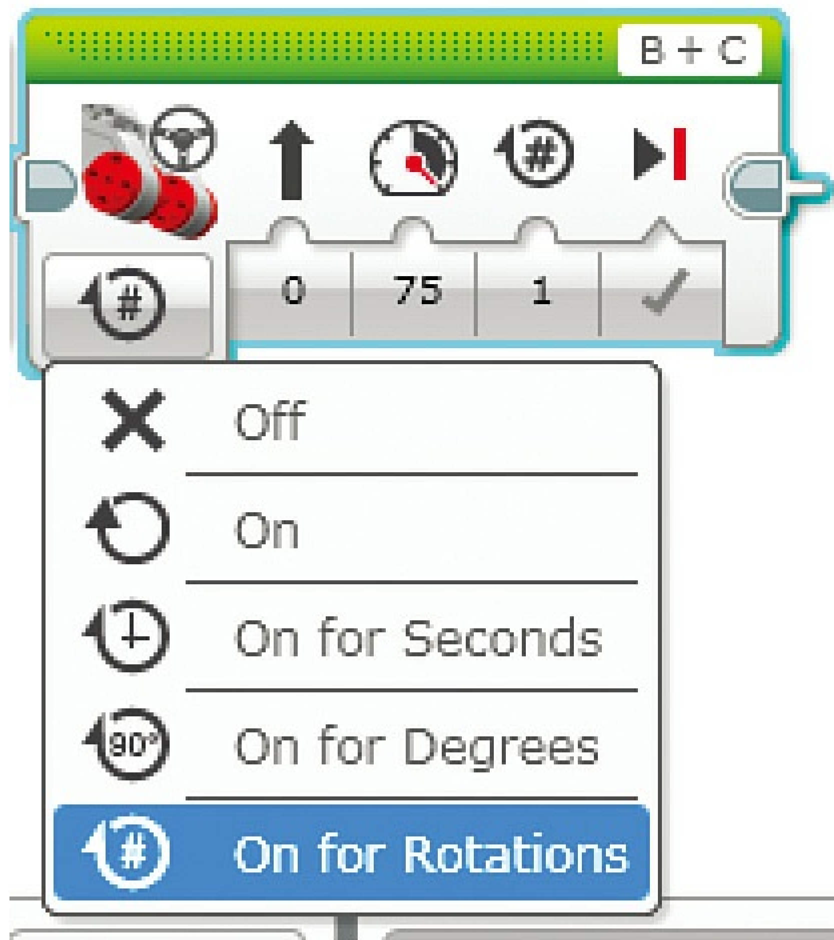


图7.23　设置你想让轮子转动多少圈、多少度或多少秒

2．控制机器人的方向

图7.24所示的下一个选项，可以控制你的机器人在轮子移动时的方向。你要它直走或者左转还是右转？滑块从−100到100，以百分比的方式说明了你想给右轮多少电源。如果你想让机器人完全向右转，你要将它设置到100，完全向左转则是−100。在这两个示例中，没有任何电源供给反向的电机。在此项目中，你要让机器人直走，就设置这个值为0。在未来的项目中，你可以使用滑杆来调整机器人的方向。

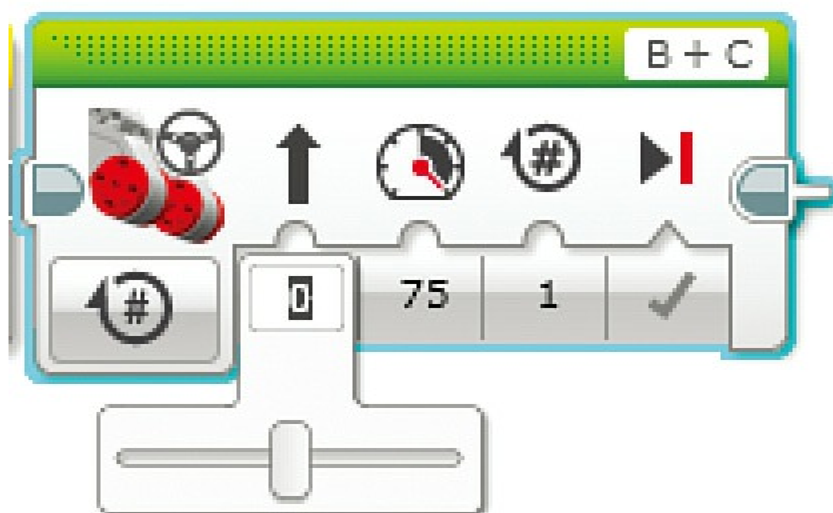


图7.24　将方向调节至0

3．调节电机功率和速度

在调节了方向之后，你可以调节电机的功率/速度（如图7.25所示）。注意：滑杆调节到负数会使电机往相反的方向旋转。一般来说，负数使机器人后退，正数使机器人前进。在某些情况下，这取决于你如何拼装机器人，是否考虑到“后面”就等于实际意义上的前面。在现在这种情况下，机器人应该使用正数向前。就像设置转向角度一样，滑杆从−100到100，100即为满速。在这里，可以将功率设为75。

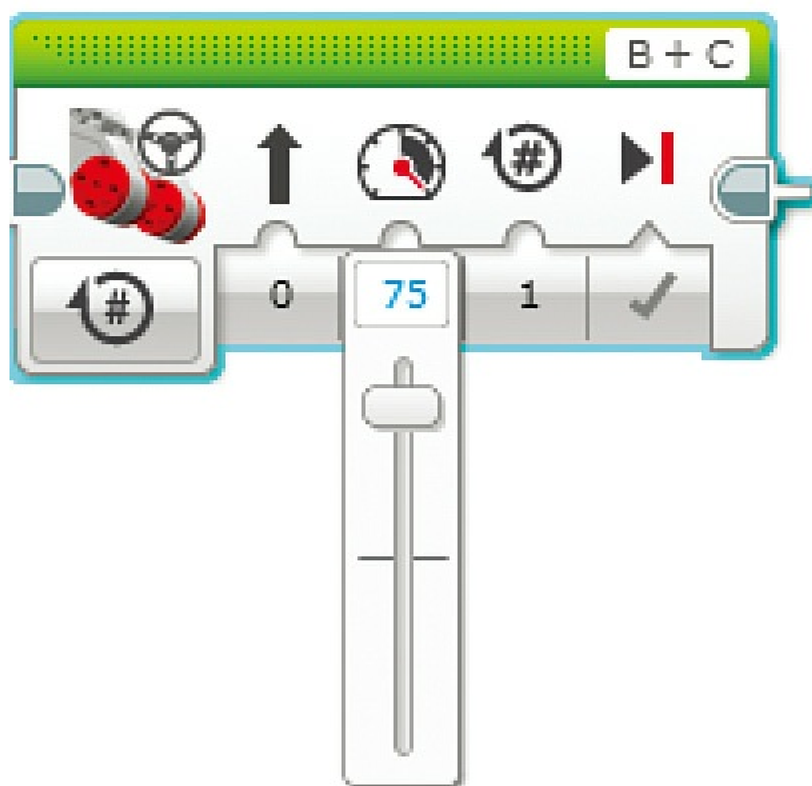


图7.25　调节电机的功率

4．调节旋转计数

电机速度/功率调整旁边的是旋转计数。在你设置如何操作电机的时候，这个选项会改变。如果你的模式为“时间”，那么一个秒表样式的图标就会出现，以方便你控制轮子转动的秒数。如果你选择“开启度数”，此时会出现一个圆圈，它允许你输入让电机开启时旋转多少度。

最后一个选项是轮子旋转相应度数之后应该干什么（如图7.26所示）。车轮旋转一圈，这个选项就会出现，你可以选择经过指定时间后是继续滑行还是停止。

对于这个项目，请选择第一个：停止。当然，这个选项可能已经默认选中。

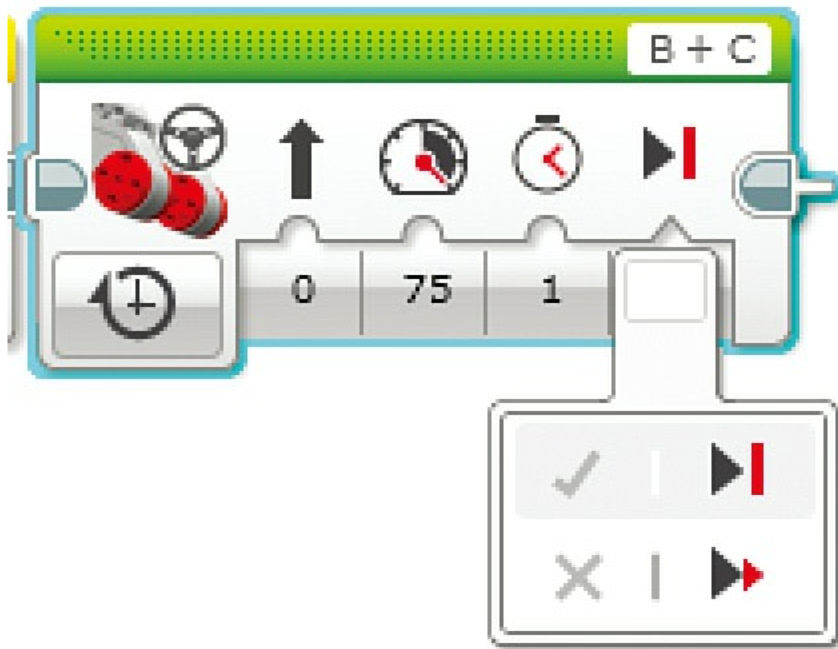


图7.26　告诉机器人轮子旋转之后应做什么

7.4.6　将EV3连接到电脑

现在你已经把3个动作串在一起了，可以试着运行这个程序。如果你已经搭建过机器人并运行过一些程序，你可能已经知道如何做这件事，那这部分内容就随便浏览一下即可。

> 提示
>
> 即使有一个开始模块，也没有必要增加一个模块来终止整个程序。 EV3程序在检测到模块区段的末尾时会自动停止。

编程画布的右下角向你展示了EV3的连接状态（如图7.11所示）。你可以使用USB线、 Wi-Fi或者蓝牙连接电脑到你的EV3。如果你的电脑支持蓝牙，这会是最方便的选择。因为蓝牙是无线的，并且不需要有互联网连接，所以你可以在一条道路上或者在赛事中安装并运行一个程序。以下是通过蓝牙运行程序的基础步骤。

1. 确保电脑的蓝牙处于打开状态，然后打开蓝牙首选项。

2. 打开你的EV3，然后按右键直到“扳手”高亮显示。

3. 向下滚动到蓝牙选项，按下来开始连接你的设备。你应该看到EV3作为一个选项在你的电脑上，如图7.27所示。

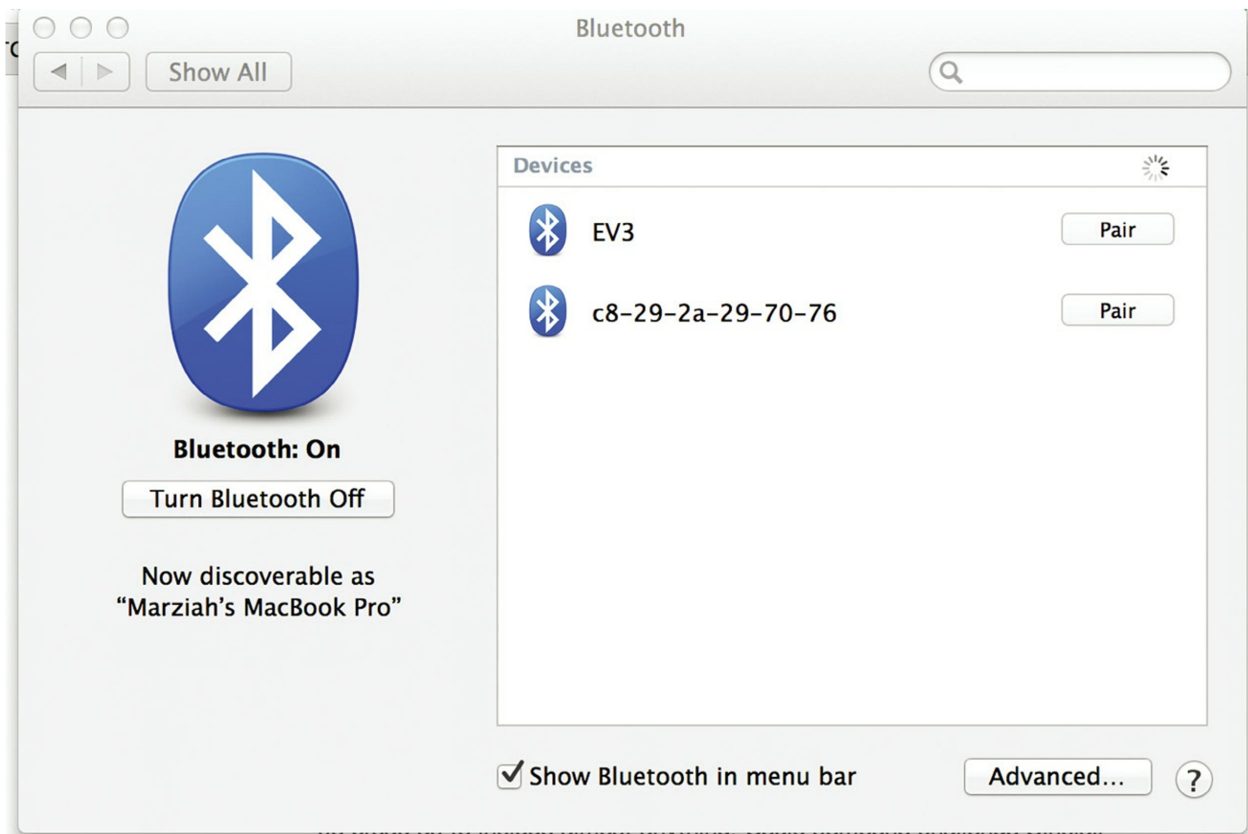


图7.27　检测你的蓝牙设备

4．单击电脑上面的配对按钮，并且同时按下EV3智能砖的中间按钮。一个密码会显示在你的EV3智能砖屏幕上，默认情况下是1234。你只需要在旁边有人使用EV3尝试配对时更改成其他的密码。

5．当看到如图7.28所示的提示时，在电脑上输入密码。



图7.28　这里是一个基本的配对请求

在你将EV3配对到电脑时，可以单击蓝牙按钮下的小方框来连接EV3家庭版软件到EV3机器人。当你的设备连接完成，就可以运行程序并直接在桌面上调试程序。图7.29展示了连接完成后的EV3软件的右下角。

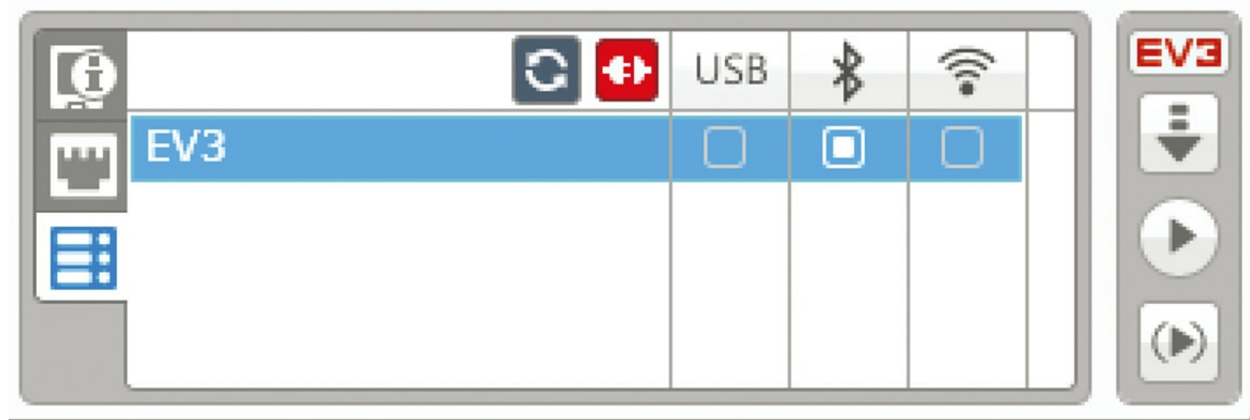


图7.29　软件连接到了机器人

现在继续连接你的EV3到桌面软件，这是调试的一种极佳的方法。当你直接从EV3家庭版软件中运行程序时，程序在运行时会高亮显示活动模块。如果有错误，你可以在编程区段中识别它是在哪里发生的。

检查一下，你应该有一个如图7.30所示的编程区段。

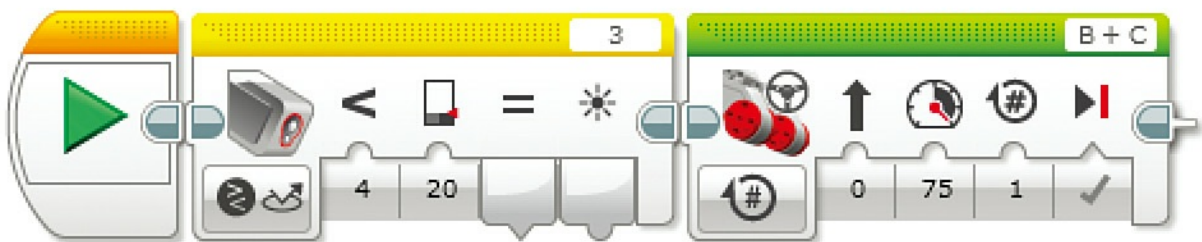


图7.30　当前的编程区段

在你将EV3连接到电脑之后，单击EV3家庭版软件右下角的“播放”按钮（如图7.31所示）。

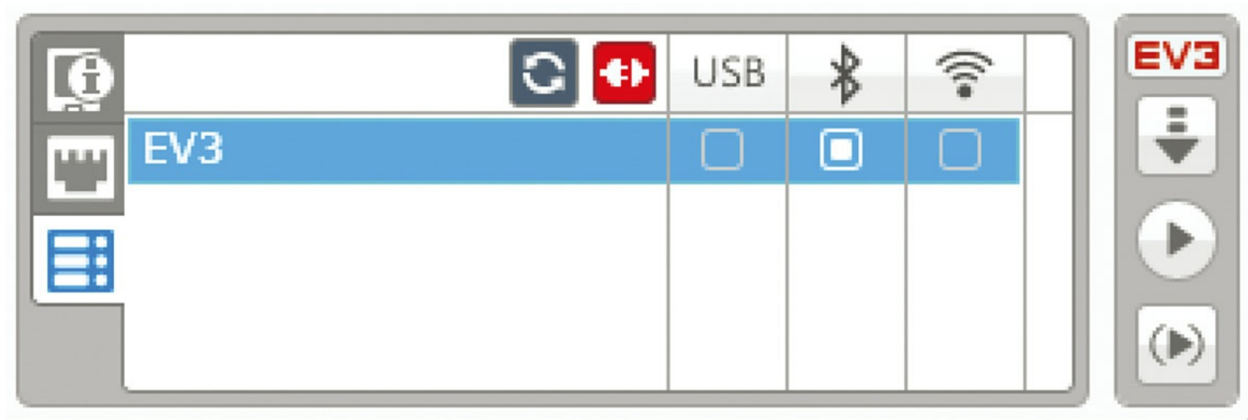


图7.31　单击“播放”按钮来运行你的程序

你的程序应该立刻在EV3上开始运行，情况看起来应该是机器人的电机旋转一圈然后停止了。试着将你的机器人放在一个黑色平面上，没准它会做同样的事情。为什么？因为虽然你告诉了EV3检测反射光强度是否小于20%，但是你并没有告诉它用这信息来做什么，所以它没有直接做出决定，只在特定情况下向前移动，EV3仅仅调用下一条命令然后旋转一圈。接着程序检测到了编程区段终止了，于是终止了程序，机器人也停止了移动。

7.4.7　决策及使用循环

你有一个机器人和一个基础程序，但是这个程序有两个问题，这里对照初始流程图，让我们来修复它们。

第一个问题是你需要让机器人做出决定，做到这一点的方法是使用一个切换模块来换出光线传感器模块。

1． 从橘黄色托盘单击并拖曳出切换模块（如图7.32所示），然后将它放在画板上。

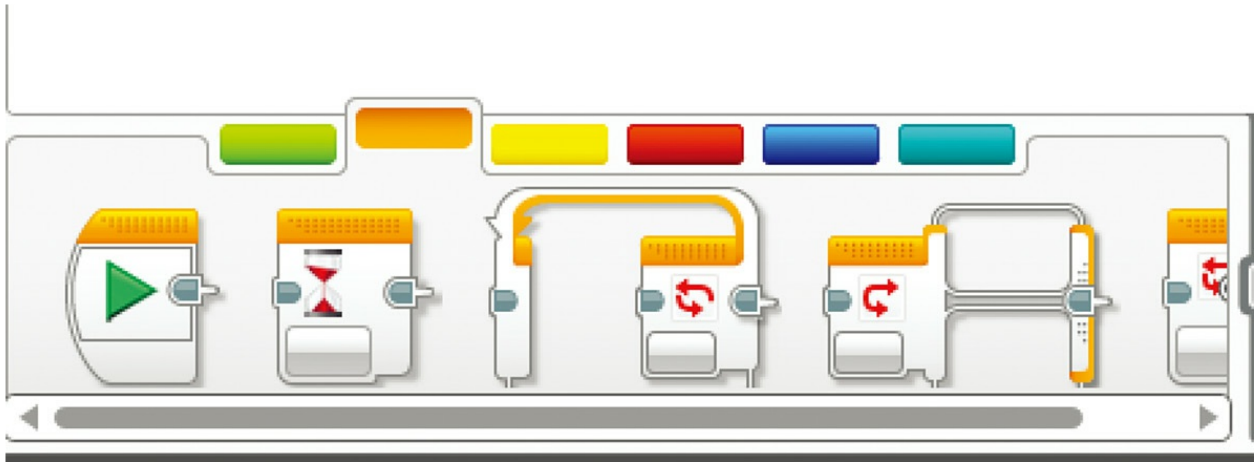


图7.32 使用一个切换模块

2． 移除光线传感器模块，这需要通过单击它并按“Delete”键实现。你可能注意到，当你拖曳切换模块到画布时，它扩大很多并且给你两个选择：一个是“√”，另一个是“×”，如图7.33所示。

“√”用于检测为真时使用，“×”用于检测为假时使用，你也会注意到切换的图标其实是触动传感器。

3． 单击在触动传感器图标下方的按钮，然后将其换成你在“更改模式”一节中选择的反射光强度，调节阀值到20，调节模式到 4 （如图7.34所示）。

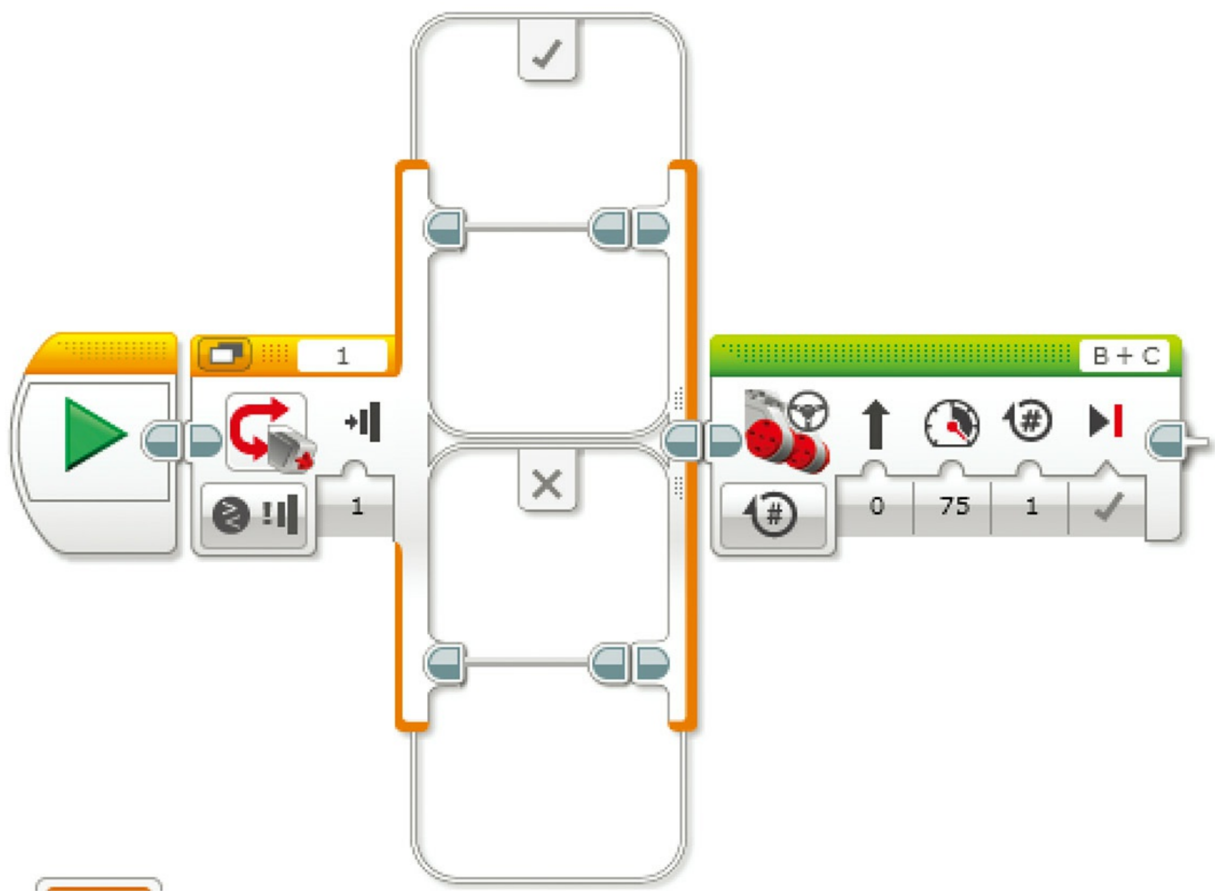


图7.33　扩张的切换模块

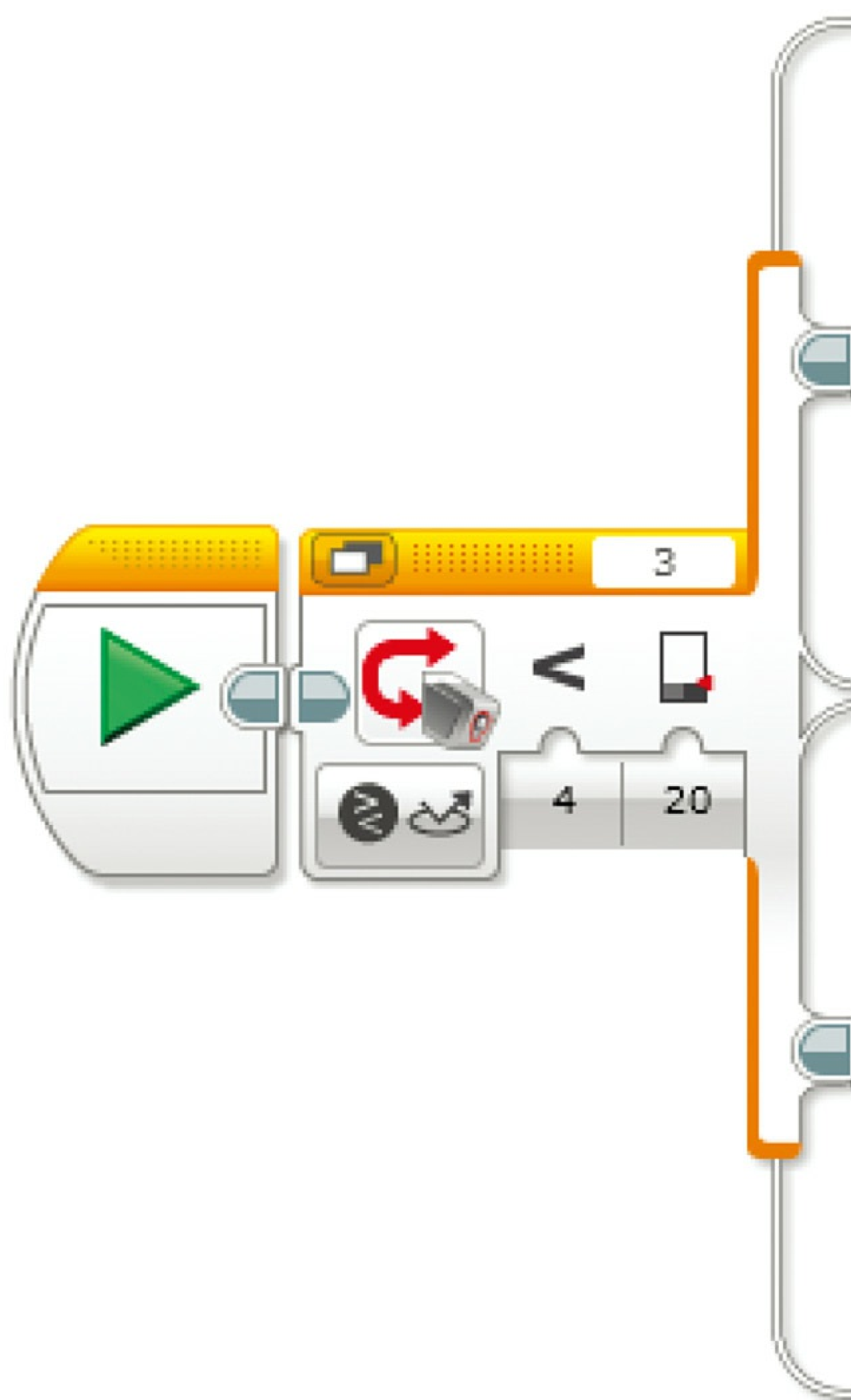

3
4
20

图7.34　切换模块会作用于传感器的信息

记住，这个设定告诉传感器检测是否有低于20%的光线反射回来。换句话讲，传感器是否经过什么黑色的东西？如果回答是肯定的，机器人应该停下。如果回答是否定的，它应该继续前进。

4．拖曳你的移动转向模块（图7.35中的绿色模块）到“×”或者否定位置，因为你只希望机器人在回答为否时继续移动。因为你不需要在回答为肯定时做任何事，所以你不需要往肯定位置拖动任何模块（如图7.35所示）。

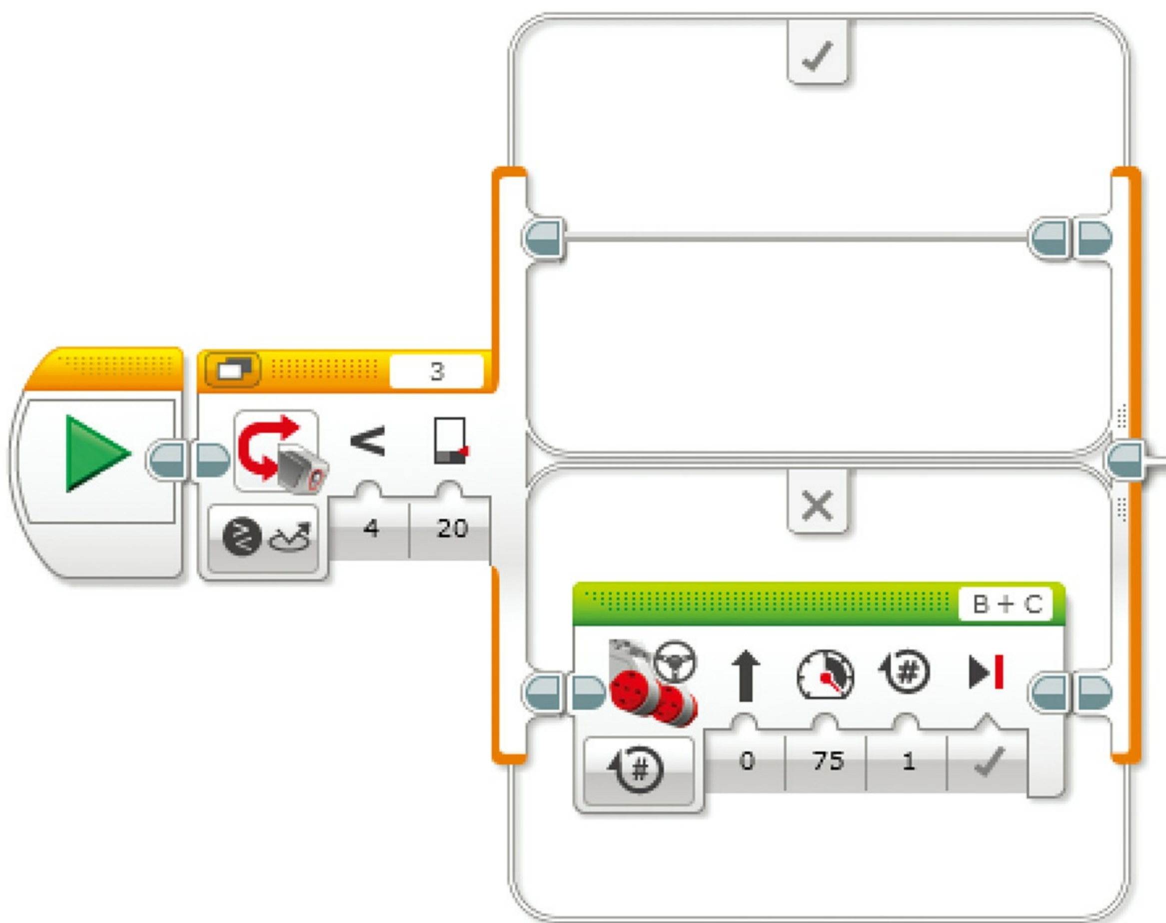


图7.35　在“是”的情况中应该什么也不做

现在试试你的程序。当你在EV3上按下“开始”按钮来运行这个程序时，机器人应该会在表面明亮时正常前进，并且不在黑暗的表面前进。对照流程图，这些又带给了我们一个问题：机器人不会持续前进，即使将设置改为不制动，也不能修复这一点。这时候你需要的是一个循环。“循环”使模块在循环活动时重复执行。在默认情况下，循环是无限的。要设置一个循环，步骤如下。

1．回到调色板中橘黄色的流程控制选项卡，拖曳一个循环模块到画布。

2．将你的切换模块拖曳到循环中，此时它看起来太小了，但是循环可以扩大来放置你放进去的东西，它看起来应该类似于图7.36所示的样式。

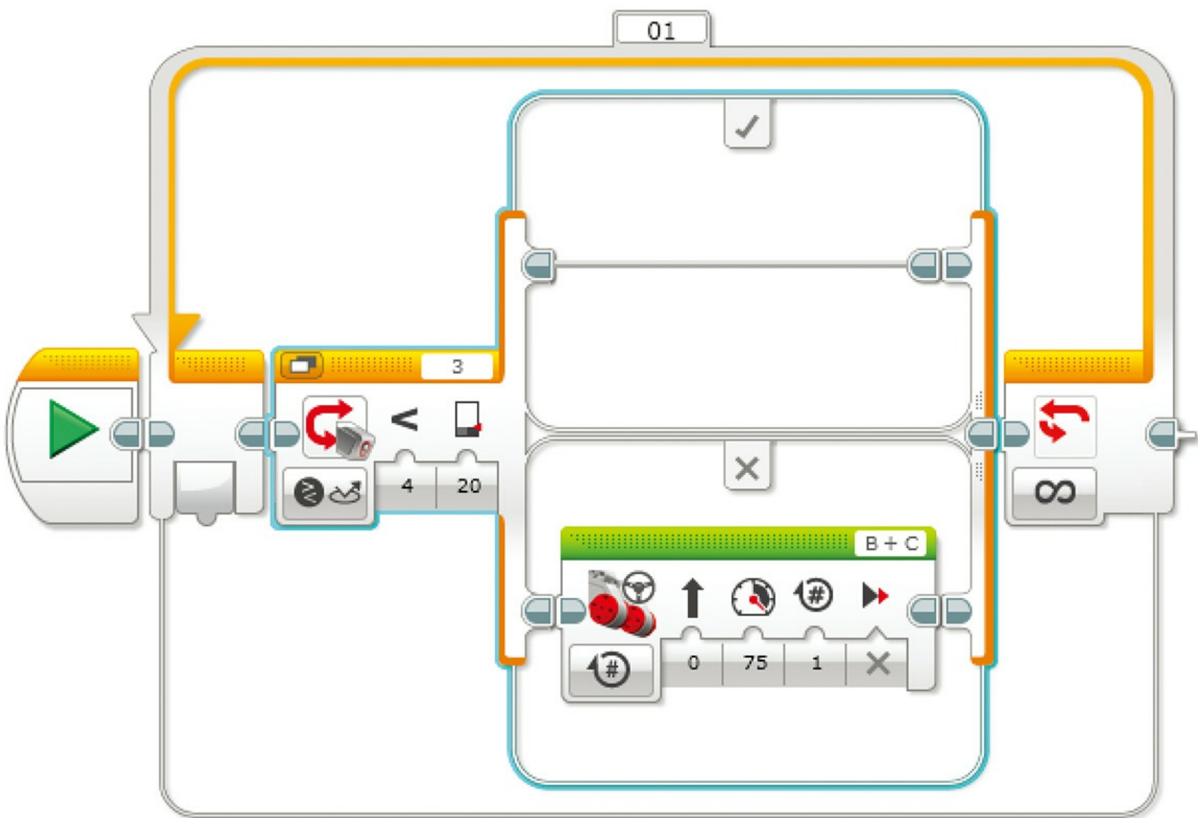


图7.36　程序在合适的循环中

现在试试你的程序，它应该会工作了。机器人应该保持前进直到它遇到黑线，然后它就停止移动。此时，程序会继续运行，但机器人会停止移动。事实上，你要按下电脑上的停止键来停止运行程序。

提示

在你尝试使用循环时，请注意你的计算机屏幕。每一个模块都会在执行到它时闪烁，这个特性能帮助你调试程序或使其更加有效。

这时你可能认为你的工作完成了，但是你可以让这个程序更高效。如果你使用循环模块本身来检测线呢？通过如下步骤可以实现这一点。

1．拖动你的绿色移动转向模块到循环模块的外面，它会连接到循环模块的旁边。

2．删除切换模块。

3．注意循环模块也有一个模式选择器。在默认情况下，它设置为

无限制，但是如果你单击它，你可以看到所有种类的选项，包括反射光强度检测。

4． 调节模式到4、阀值到20，你的程序看上去应该类似图7.37所示的样子。

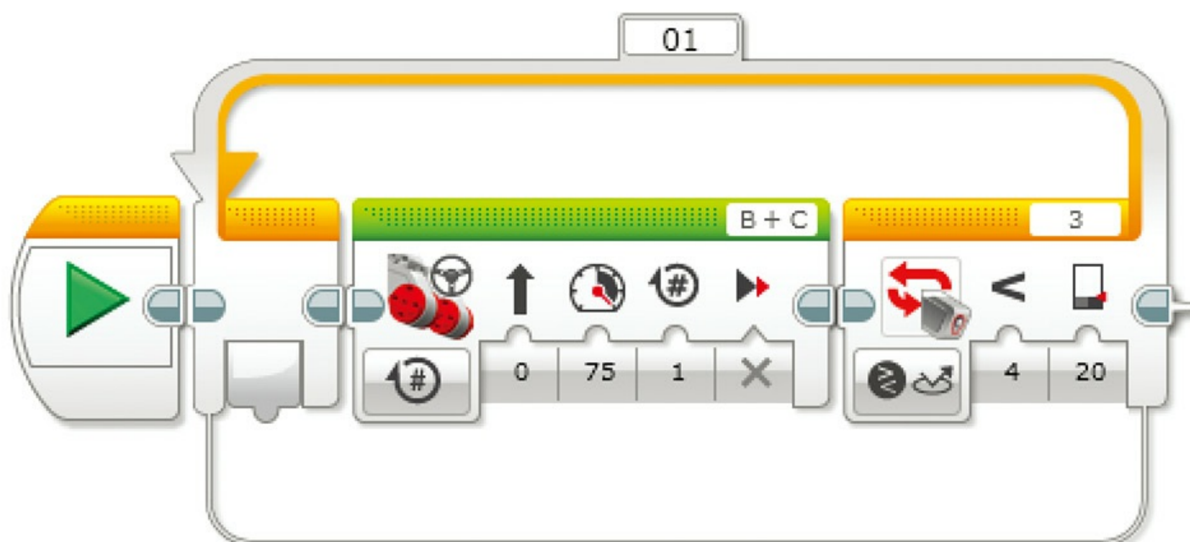


图7.37　使用一个循环的简单程序

> **提示**
>
> 如果在你移除切换模块后循环模块过大，你可以单击循环模块并向内拖动边角来重新调整它的大小。如果你想添加几个模块并且需要更加方便地观察时，你也可以拖动边角来使循环更大。

现在你看到发生了什么吗？循环会持续运行，直到条件不为真。条件是颜色传感器检测到的反射光强度低于20。当它检测到一个黑暗的补丁时，循环会退出，并且由于程序已经运行了所有的模块，所以什么也不会发生。

继续运行这个程序来测试它。它现在应该完全像图7.13中流程图所显示的那样工作，并且它只使用了3个模块。你可能会注意到机器人的最后一个问题——它倾向于停止和启动。这里有一个简单的修复方法，因为程序不再只包括一个循环，所以你可以调节移动转向模块的模式到持续开启（如图7.38所示）。

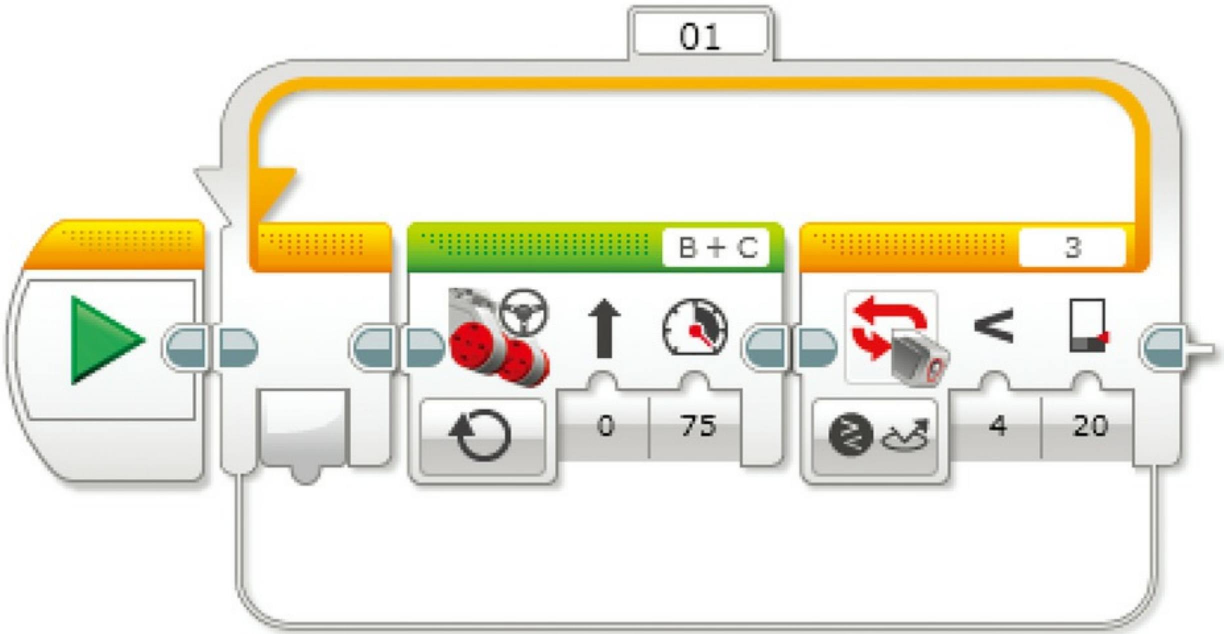


图7.38　注意移动转向模块已经切换到持续开启

7.4.8　保存修改

现在你制作了第一个程序，当然要保存你的修改。你可以简单地选择文件，并保存项目（如图7.39所示），或单击“软盘”图标保存。

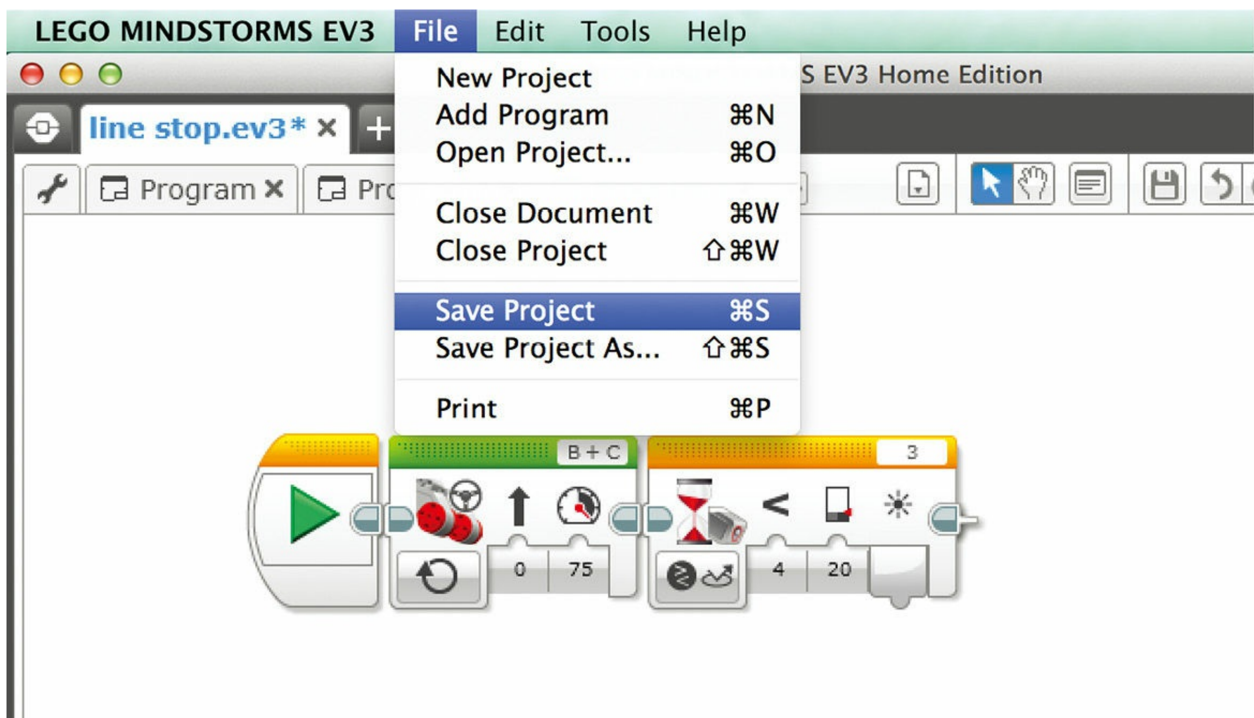


图7.39　保存你的修改

你需要给你的新项目命名，我给项目命名为“line stop.ev3”，但是你可以选择任何能让你记住的名称。在默认情况下，它会保存到你的文档文件夹，如果你愿意的话，你可以与别人分享这个.ev3程序。如果你想为你或者别人留下记录来说明这个程序如何工作，也可以为程序编写文档（或添加注释）。

7.5　替换程序

你刚才搭建的示例程序并不是唯一一个让EV3在黑线上停止的方式。事实上，这里可能有很多方法来使程序工作。图7.40展示了另一种解决方案，即使用延时模块而不是循环模块。

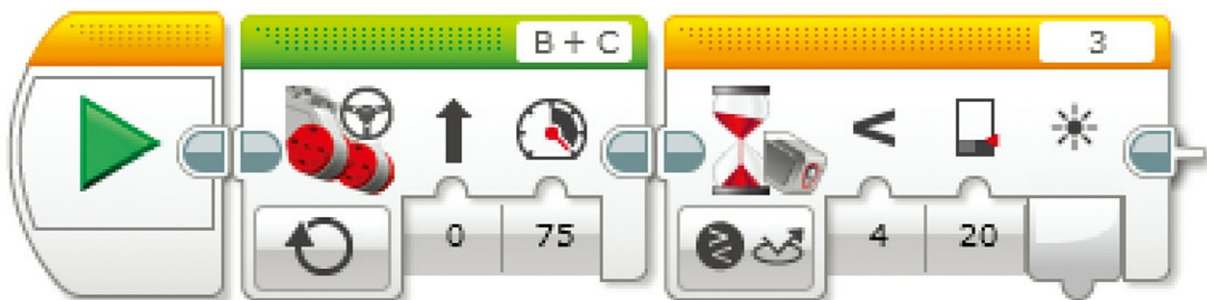


图7.40　使用延时模块的相同作用的程序

在这种情况下，这里有一个计时器模块在移动转向模块开启电机后运行。计时器告诉程序保持移动直到颜色传感器看到了黑线然后做下一件事。如果它没有下一件事，那就是需要注意的问题。你的EV3可以同时执行多个指令，在打开电机之后它就继续执行下一个模块，而不会等待第一个命令完成。

试试在没有延时器的情况下运行这个程序。发生了什么？你的程序会几乎在刚刚开始使机器人向前移动时就停止了。

7.6　小结

在本章中，你开始了EV3编程，并创建了一个程序，使用了颜色传感器和大型电机，使程序在一根黑线上停止。在下一章中，你将学到更多高级的编程，如传感器实际使机器人巡线行驶。

第8章　更多的机器人编程：巡线机器人

在第7章中，你为修改后的教育版机器人编写了一个使用颜色传感器使其在一条黑线上停止的程序。在本章中，你可以继续使用颜色传感器，将机器人技术钻研得更深一些，学到更多的东西，用EV3做更多的事情。比如，修改EV3屏幕上显示的内容，或者使用EV3内建的扬声器来让EV3发出声音。为此，本章介绍了更多高级编程概念（如变量）。

> 提示
>
> 在本章学到的东西并非只能应用在乐高中，你可以用到更多不同的编程环境中。

在第7章中，你编写了一个程序，但这个程序是什么意思呢？让我们再深入研究一下。

8.1　什么是程序

你是否玩过这样一个课堂游戏：一个外星人第一次来到地球，你告诉它如何制作花生果酱三明治。假设这种情况下，外星人虽然精通英语，但是这些是从一本词典上面学到的，所以它们并不了解修辞手法。比如，你告诉它“我非常饿，我能吃下一匹马”，这个外星人就会从字面意思理解你所说的话，所以请小心发出你的命令。

所以，为了教一个外星人做经典的花生果酱三明治，也许你会这样开始。

1. 取两片面包、一罐花生酱、一把刀和一罐果酱。
2. 将花生酱放在一片面包上。
3. 将果酱放在另一片面包上。
4. 将两片面包放在一起。

够简单的，对吧？很好，你的外星人从字面上可以理解一切，所以你的三明治可能会是如图8.1所示的样子。



图8.1　外星人对把花生酱和果酱放在两片面包上的理解

你看到了图片上面有什么？外星人将花生酱罐放在一片面包上，将果酱罐放在另一片面包上，然后将两片面包放在一起。你应该更具体一点，也许可以这样描述。

1．取两片面包、一罐花生酱、一把刀和一罐果酱。

2．打开花生酱罐子。

3．用小刀挖一勺花生酱。

4． 将花生酱放在一片面包上的其中一面，并且用小刀将它涂抹均匀。

5． 清洗小刀。

6． 关上花生酱罐。

7． 打开果酱罐。

8． 使用小刀挖一勺果酱。

9． 使用小刀将果酱涂在另一片面包的一面。

10． 清洗小刀。

11． 关上果酱罐。

12． 将面包涂了花生酱和果酱的两面盖在一起。

书写这些细致的步骤使用了很多笔墨，但是它们也更让外星人明白怎么做。在这之后，有些冲突也许仍然存在，而你可能需要多次重写你的指令来确保外星人能完全正确地完成。

编写一个计算机程序的过程与之近似。你向一个机器人发送指令，而它会从字面上去执行你的每一条命令。它有预先定义的一些词汇来让你在命令中使用，且你将会使用很多的时间来除错。本书里有一件事情，我不想经常重复，尽管它是每一个程序员都必须适应的。那就是坚持测试，坚持尝试，并坚持创作你设计的新版本。

> 注意
>
> 在你编程时，最终会编写许多个不断改善的版本。所以，你永远不要指望第一次的原型能正常工作。

8.2　项目：循线机器人

在第7章中，你编写了一个能让机器人在一条黑线上停止的程序。本次项目增加难度，让机器人跟随测试轨道上的黑线运动。它需要引导、修正自身轨迹，并且检测出黑线与白色背景之间的区别。这个项目你会用到第6章中搭建的改造版教育机器人（如图8.2所示）。

让我们来回顾一下，你的机器人有两个大电机为轮子提供能量以及一个颜色传感器连接在前部。你的项目是使机器人跟随一条线运动，这是一个经典的机器人运动和机器人竞赛的挑战内容。



图8.2　这是基本机器人的家庭版，但是你同样可以使用LEGO教育版

8.3　入门

为了开始这个项目，你需要做一点准备工作。EV3家庭版配备了一个测试轨道（如图8.3所示），但是那个轨道上面并没有一根黑线，并且它没有一个圆路径，所以机器人会很快离开测试轨道。

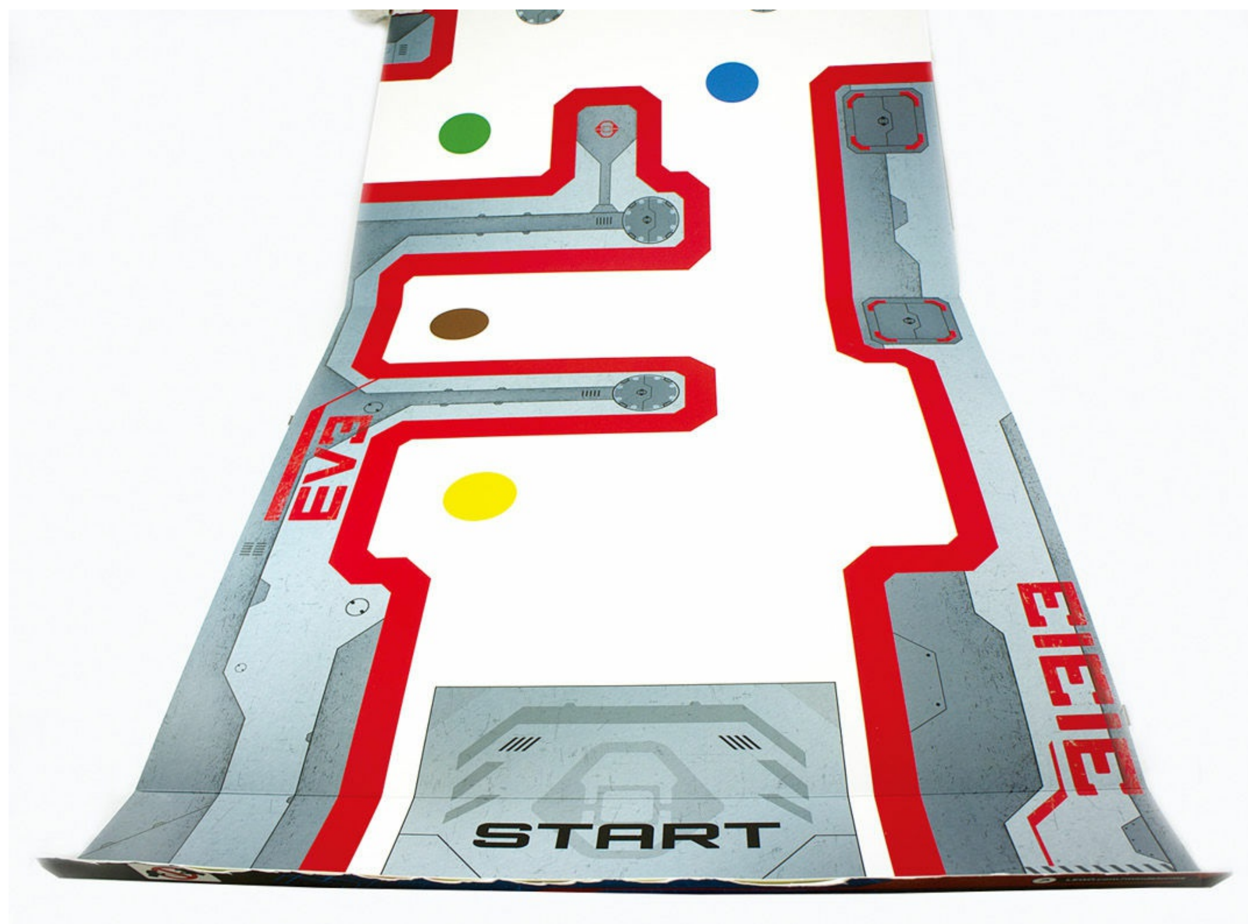


图8.3　你可以使用EV3家庭版的测试轨道

你有两种方案：一是使机器人跟随测试轨道上的一条红线，二是使用一根黑线制作你自己的测试轨道。由于制作你自己的轨道意味着你可以制作一个循环并持久观察机器人循线，所以让我们来试试这个方案。

8.3.1　制作自己的测试轨道

为了制作你的测试轨道，需要做以下步骤。

1． 找一个大的三折演示板（一种硬纸板），你可以用它来做诸如科学展览一类的事情。当你展开它，里面会是白色的。你可以在办公用品商店或者零售网点（如Target）买到。我只用2.5美元就买到了一个。

2． 使用黑色电工胶带或是非常厚的标记。 2厘米宽的电工胶带会比较适合，黑色的电工胶带有些黏，但又不是非常黏，这使你可以将它撕下并在其他表面上重复使用它。

> 提示
>
> 如果你没有电工胶带，类似于Sharpie的Magnum记号也是比较好的标记工具，并且它同样容易在商店或网上买到。你也许会使用一种更细的记号笔，但这样你就需要在表面上多画几次来确保你得到了一根厚厚的黑线。

3． 展开你的三折板，把白色面朝上。

4． 使用电工胶带或记号笔在板上制作一个循环轨道。你可以在线上弄点弯或角，但是不要留任何空隙在线上，并且不要让线交叉。比如，“8”字循环是行不通的，因为机器人会只持续在一半的圆上行走而不能直接穿越它。

图8.4展示了我使用一支宽笔尖的记号笔制作的轨道。这个轨道展示了两个项目，难度取决于循线时的舒适程度。在外侧更具有挑战性的轨道上，有锐角和棘手的弯道；内侧的椭圆形轨道则更简单。

8.3.2 关于指令

让我们回到本章开头的花生酱和果酱的类比。你需要让机器人跟随线的轨迹，发布给机器人的指令是什么？

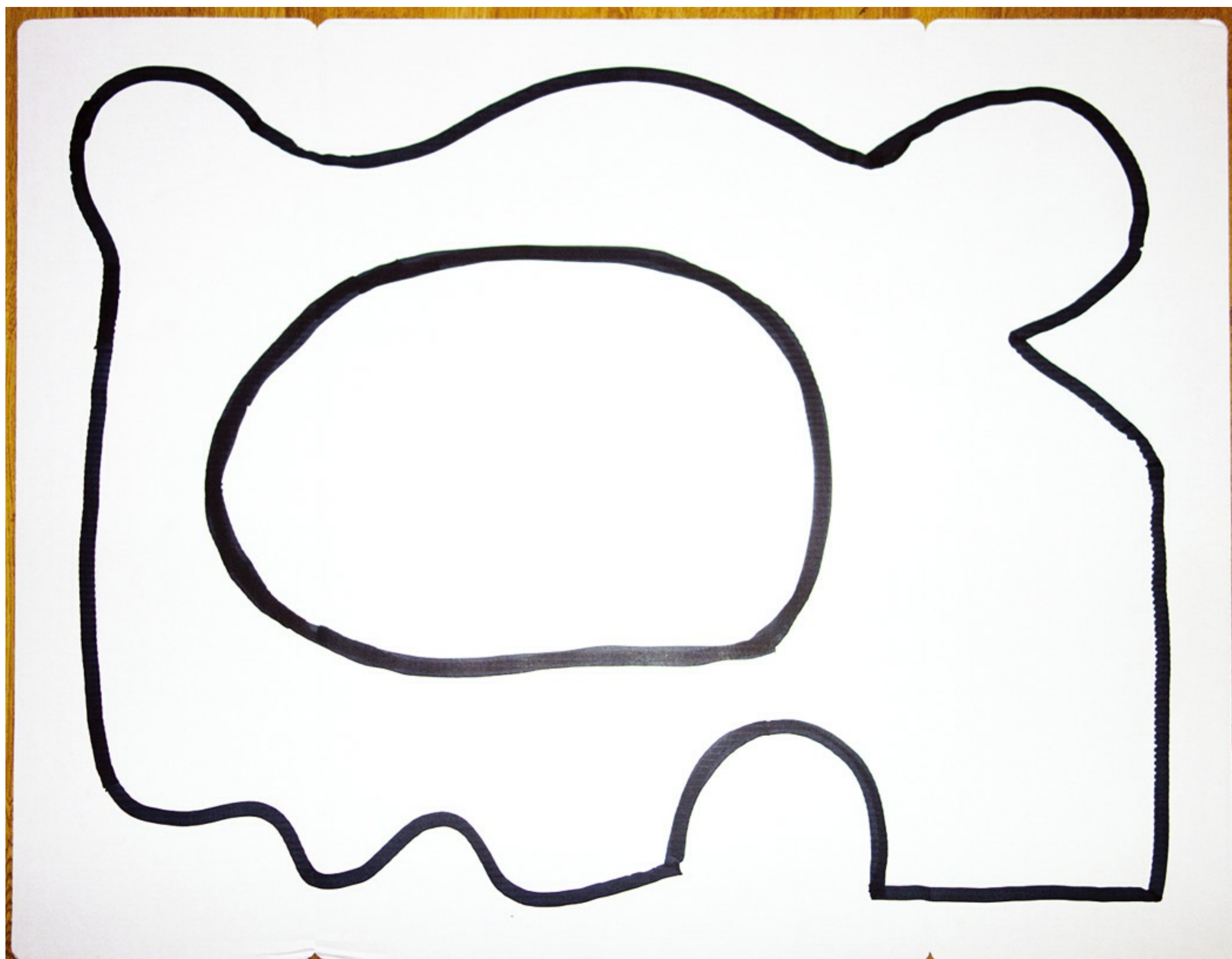


图8.4　两条轨道，一条简单，一条具有挑战性

1．当它在线上时，向前行。

2．如果渐渐离开线，就转向。

3．重复这些步骤。

这些指令不错，但是需要翻译得更加精确点，来让EV3能执行。让我们试试这样做。

1．使用颜色传感器检测反射光线。

2．当传感器检测到线时，两个大型电机用同一功率向前旋转。

3．当传感器没有检测到线时，旋转一个大型电机，直到检测到

线。

4. 重复这些步骤（如图8.5所示）。

> 提示
>
> 你可以让机器人再多走一些，然后让电机反向，如此一来机器人可以转向到位，而不是在前进中转弯。这种方法可以使得机器人在转角处的运动更加简单。

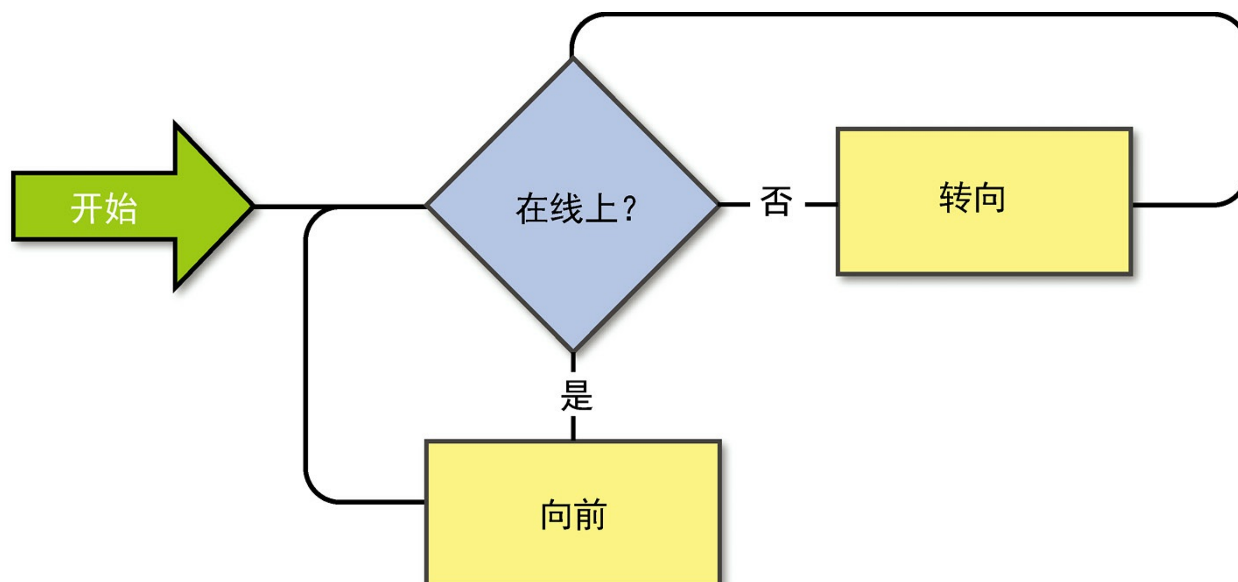


图8.5　这些指令的示例流程图

8.3.3　寻找方向

保持让机器人沿轨道运动的一个挑战是：你如何告诉机器人向哪边转向？它可能向左或向右偏离轨道。你是否会将机器人向同一方向旋转直到它碰到线，即使它可能最终旋转成一个圈？这是一个可行的方法。你是否会让机器人分别向左和右旋转一点，再更多向左和右旋转，以此类推来使它最终找到线？这是另一种可行的方法。

有些人也使用3个独立的、相邻的颜色传感器来解决使机器人知道应该向哪个方向旋转的问题。即一个传感器在线上，一个传感器在线的左边，另一个传感器在线的右边。但是，由于你的EV3套件只有一个传感器，所以让我们使用一种无需更多传感器的解决方案。

这里有一个方法可以使这件事变得更容易：不要试图将颜色传感器

放在黑线的正中间，而是将它放在线的边缘。

假设你将颜色传感器放在线的边缘，那么它的左半边应是黑线，右半边应是白色区域。现在，正确的数据应该是大约50%时为灰色。当传感器检测到大于50%的黑暗，你会知道机器人已经偏离左侧；当传感器检测到大于50%的明亮，你会知道机器人已经偏离右侧。你可以立刻微调来修正位置，而不是使机器人在这个地方旋转来寻找线，具体方案如图8.6所示。

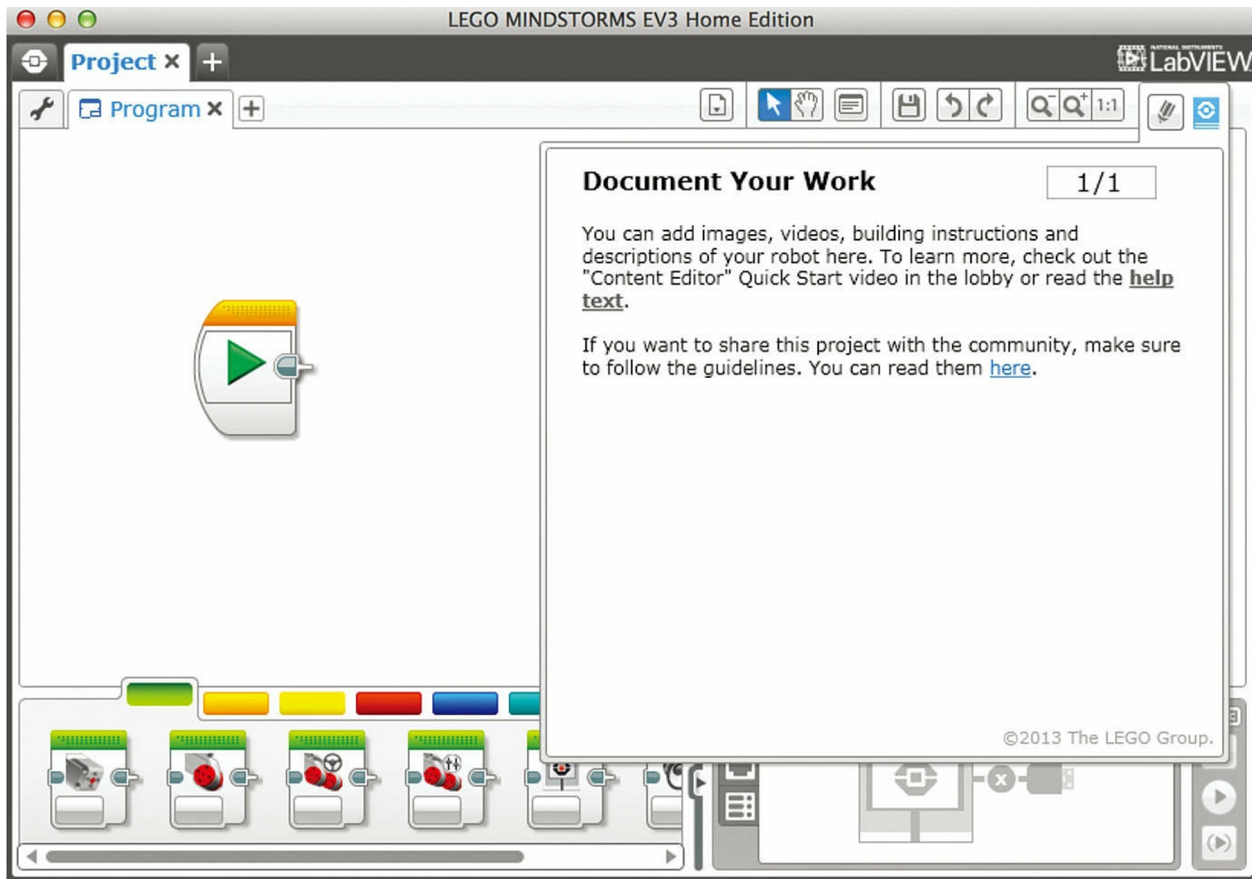


图8.6　很多循线机器人经典的锯齿动作

8.3.4　校准传感器

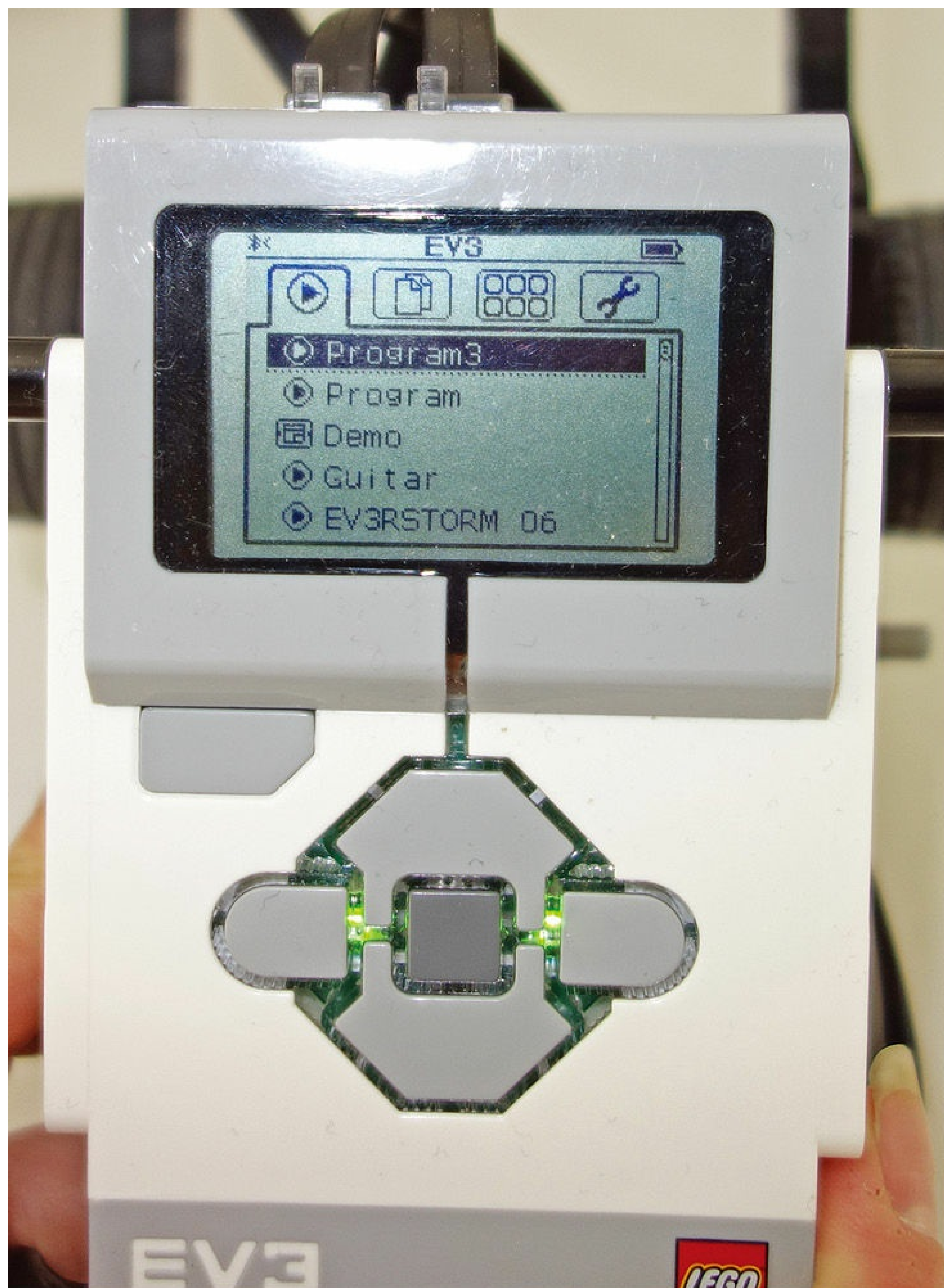
跨过线50%的方法会导致一个问题：你制作的轨道也许不是完全黑或完全白的，并且也许每次你测试机器人时的照明条件都不一样。你应该为传感器设置什么样的值，来确保它相信你的照明条件为50%呢？你需要校准你的传感器来匹配环境。以下讲解如何手动完成这个任务。

1．打开你的EV3。

2．按右导航按钮两次（如图8.7所示），导航到第三个选项卡。

3．选择“Port View（端口浏览）”并按下导航按钮（如图8.8所示）。

4．导航到你的颜色传感器所在的端口。现在，它是端口3，所以按两下右导航按钮（如图8.9所示）。



EV3
Program3
Program
Demo
Guitar
EV3RSTORM 06
EV3
LEGO

图8.7　按右键导航按钮两次



图8.8　按下导航按钮来选择“Port View”



图8.9　导航到端口3

你现在会看到颜色传感器。它默认处于反射模式（如图8.10所示）。

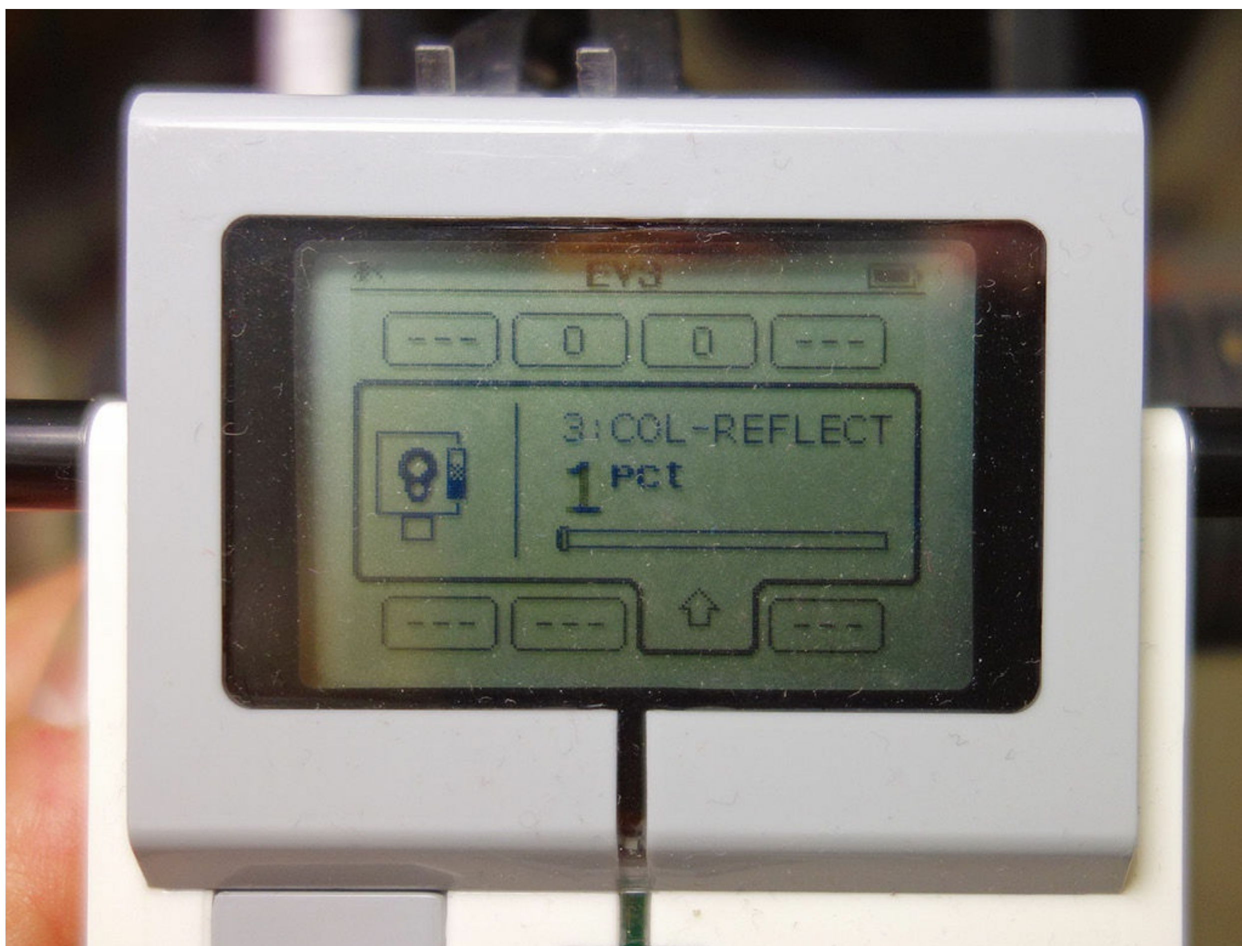


图8.10　现在你可以校准传感器

5．将你的机器人放在轨道上。将传感器放到线的最黑的区域，再放到外面最白的区域。你会看到反射值（以百分比的形式）在区域之间变化。记录这两个区域的传感器数值。

6．将两个数值加在一起除以2，或者用公式(a+b)/2=n。n就是你的灰色点。这是你的颜色传感器在完全处于黑线的边缘时应该登记的值。

注意

记住在编程时，你会使用斜线（/）来代表除号，并用星号（*）来代替乘号，所以1除以2写作1/2，以及1乘2写作1*2。

记住手动校准的步骤，你的EV3在每个新环境时，都需要重新校准一遍，因为光照可能会不同。更好的解决方案是让程序自身完成校准传感器的教程，这意味着让我们将焦点转向你计算机上的EV3软件。

8.4　编写程序

你已经拥有了有白色背景和黑色线的测试轨道。现在是时候开始创建让你的机器人做事的程序了。让我们学习一些更复杂，但是更好、更快的方法来校准你的传感器——这样从一个环境到另一个环境的时候，你就不需要花费时间进行数据检测。要做到这一点，你需要创建一个变量。

8.4.1　创建新变量

变量是可以改变的程序元素。它们像桶一样，可以在任意时间填充不同的东西。想想《生日快乐》的歌词，它的歌词几乎都是相同的，但是你会修改歌词中的人名来指定是为谁庆祝生日。歌曲里面的人名就是一个变量。在这个项目中，你需要的变量是在最亮与最暗区域之间的灰色区域。

> 注意
>
> 变量可以是数字或文本。目前，你的变量是一个数字，来自于轨道中最亮与最暗区域之间的反射值，公式为(a+b)/2=n。

所以让我们开始编写校准工具。你也许希望保存这个程序本身，而不是让它作为机器人程序的一部分，这样你就可以得到一个方便的校准器，可以供别的程序使用。

1．打开计算机上的EV3家庭版软件。

2．单击文件中的“新建项目”来创建一个新的项目。

> 注意
>
> 如果你现在没有EV3软件，或者如果你发现自己被这些指令绕晕了，请确保你已经仔细阅读和复习了第7章。

3．默认内容编辑器是打开的，但是它会妨碍你将模块拖入画布，所以请将它关闭。

4．从橘黄色模块组里面拖曳出一个等待模块到画布上（如图8.11所示）。

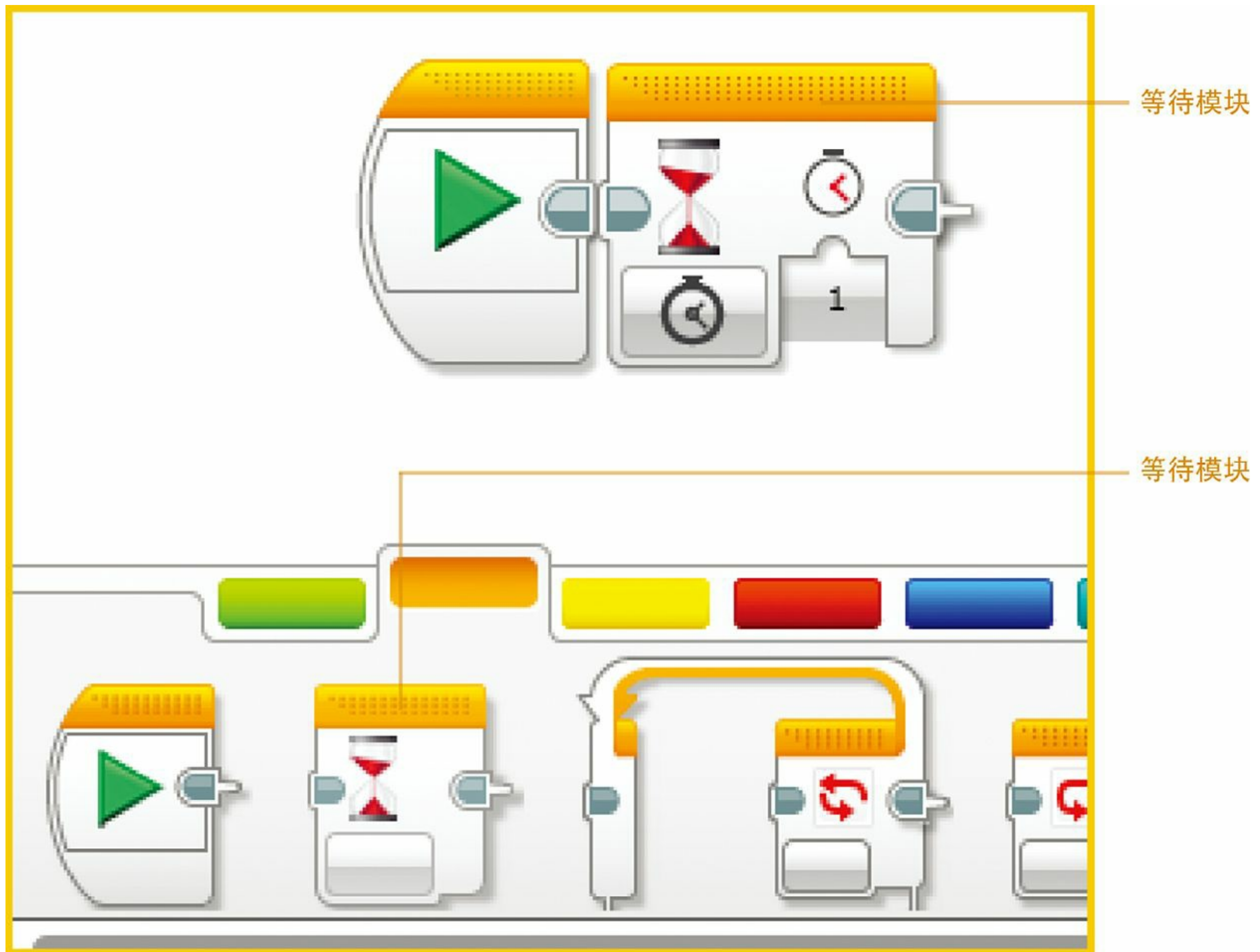


图8.11　拖曳出等待模块，然后更多选项就会出现

5．等待模块可以等待所有类型的事件发生。现在，你需要等待，直到将传感器放置到测试轨道的白色区域。最简单的方法是用EV3自身的按钮，当然这没有什么具体的原因。让我们创建一个等待模块直到任何按钮被按下。为了实现这个操作，设置等待模块左下角的区域为“程序块按钮——更改——程序块按钮”（如图8.12所示）。

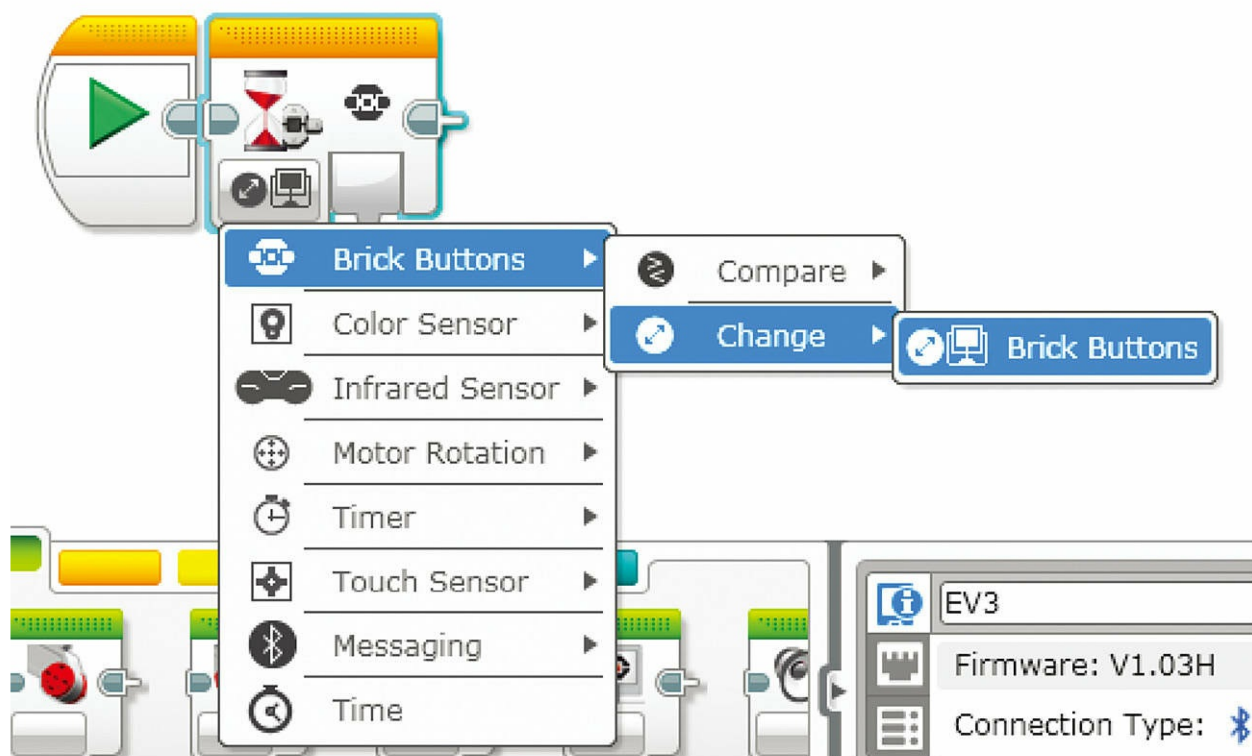


图8.12　这个设置会等待任何一个内建的程序块按钮被按下

6．从黄色模块组拖曳一个颜色传感器模块到程序序列里（如图8.13所示）。

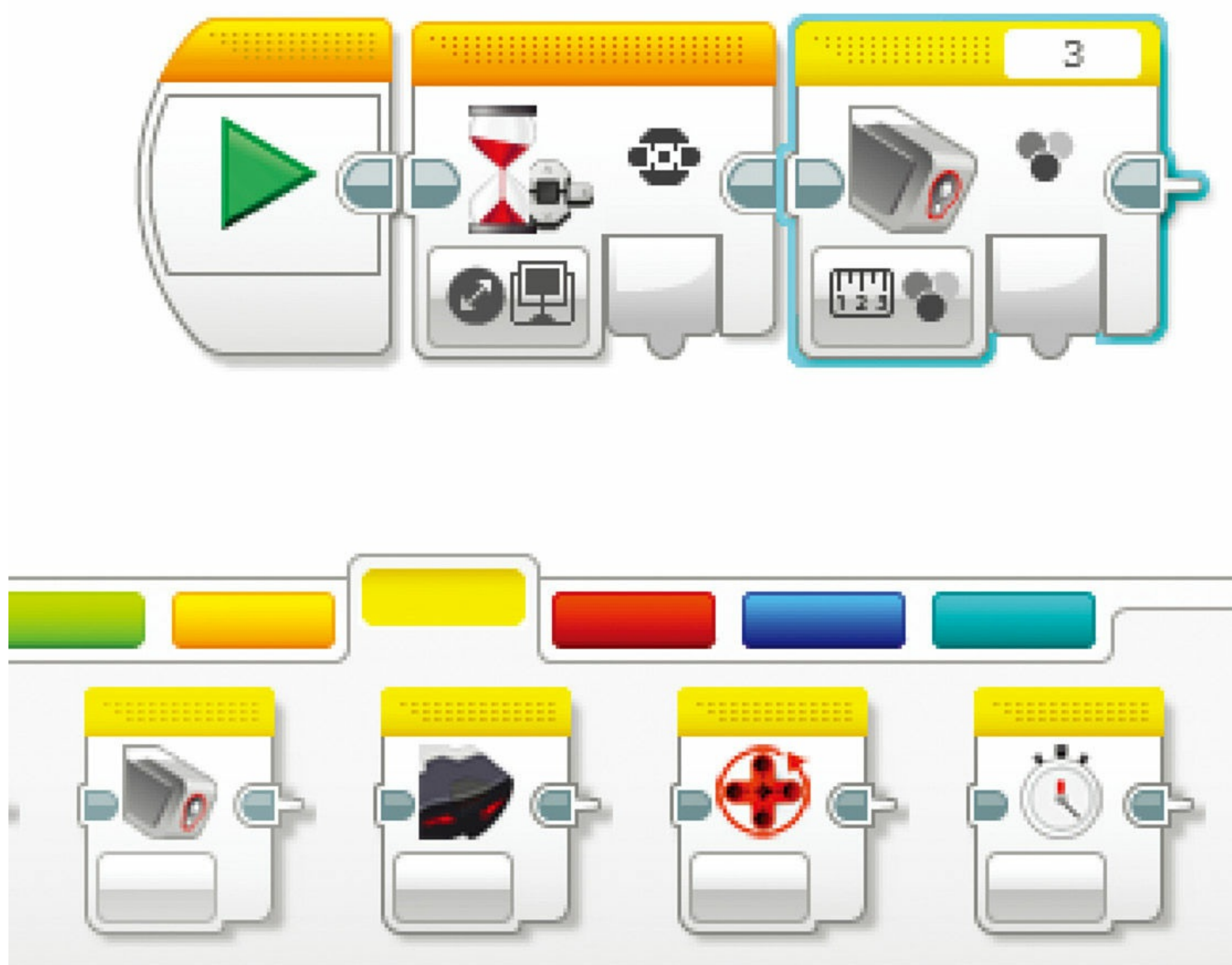


图8.13　你需要将颜色传感器模块调整为测量反射光强度而不是颜色

7．将模式选择器设定到“测量”，再选择“反射光强度”（如图8.14所示）。

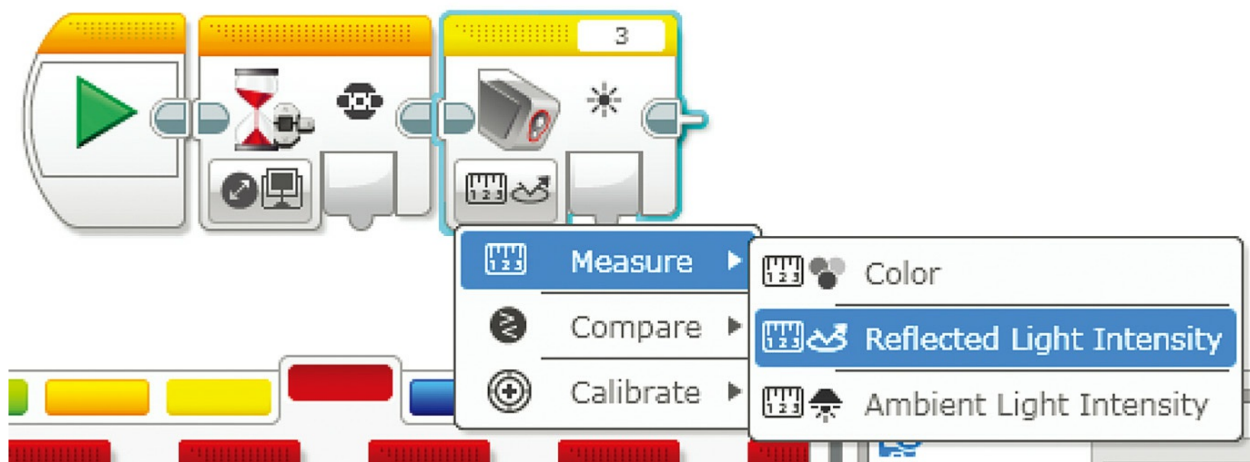


图8.14　将模式选择器设定到反射光强度

注意

如果目标是校准传感器，你可能会问为什么不选择“校准”。“校准”设置会告诉传感器什么是最亮点，什么是最暗点，所以如果你知道最暗点是80%，你可以校准传感器来使它认为实际的80%是它的100%。现在你并不知道最亮点和最暗点是什么，所以你必须先测量这些点。

8. 按照如图8.15所示的方法拖曳一个变量模块到程序序列。变量模块有一个手提箱或是公文包的图标，它是一个容器，可以存放你想让它存放的东西。

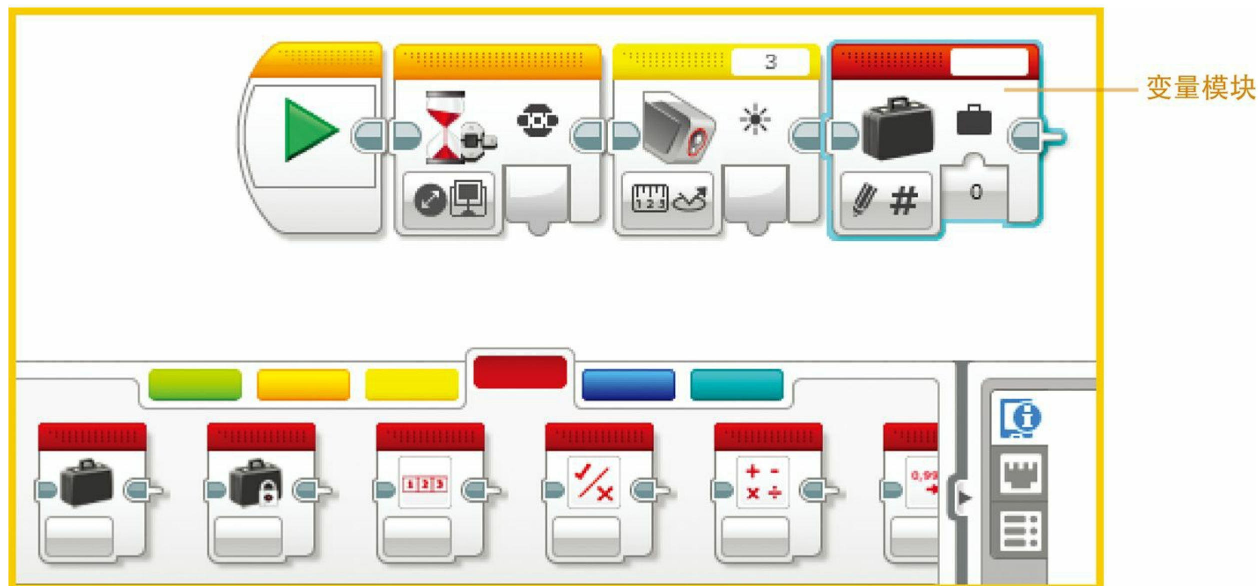


图8.15　变量模块

9． 你需要给变量模块一个值。要做到这一点，你需要连接颜色传感器的输出值到变量模块的输入值。你可以用一根数据线来连接。这类似一根序列线，但不是将模块连接到序列中的另一个模块，而是连接彼此的数据输入/输出端。将你的鼠标光标悬停在颜色传感器的输出值上查看，如图8.16所示。

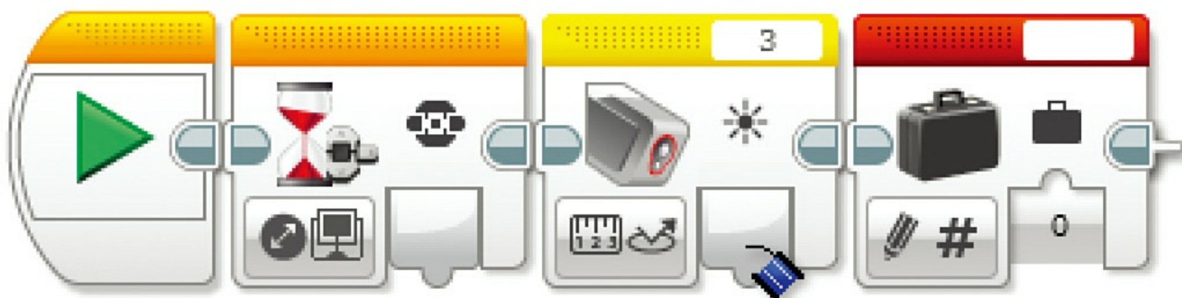


图8.16　当你将光标悬停到输出值区域时，光标变为了一个数据线图标

10． 拖曳传感器的输出值和变量的输入值之间的数据线，如图8.17所示。

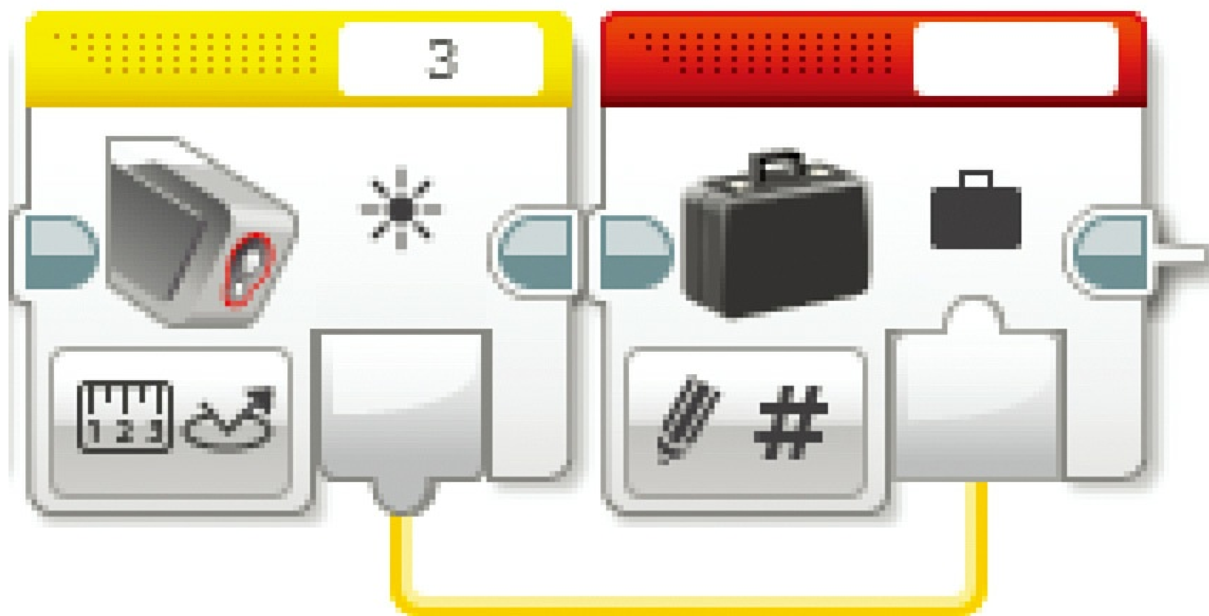


图8.17　从颜色传感器输出的数字输入到了变量模块

11． 给你的新变量起一个名字。单击变量模块的右上角并输入名

字“Black”到弹出的窗口（如图8.18所示）。

12． 获得白色值几乎和获得黑色值的模块一样，不过就是变量的名称不同。与其再次拖曳并调整这些模块到画布，不如简单地复制并粘贴已经存在的程序。按下“Shift”键并单击等待模块、颜色传感器模块和变量模块来选择它们，并按下“Ctrl+C”快捷键（在Windows）或“Command+C”快捷键（在Mac）来复制这些项目。

13． 按下“Ctrl/Command+V”快捷键来粘贴这3个模块的一个副本到画布上。

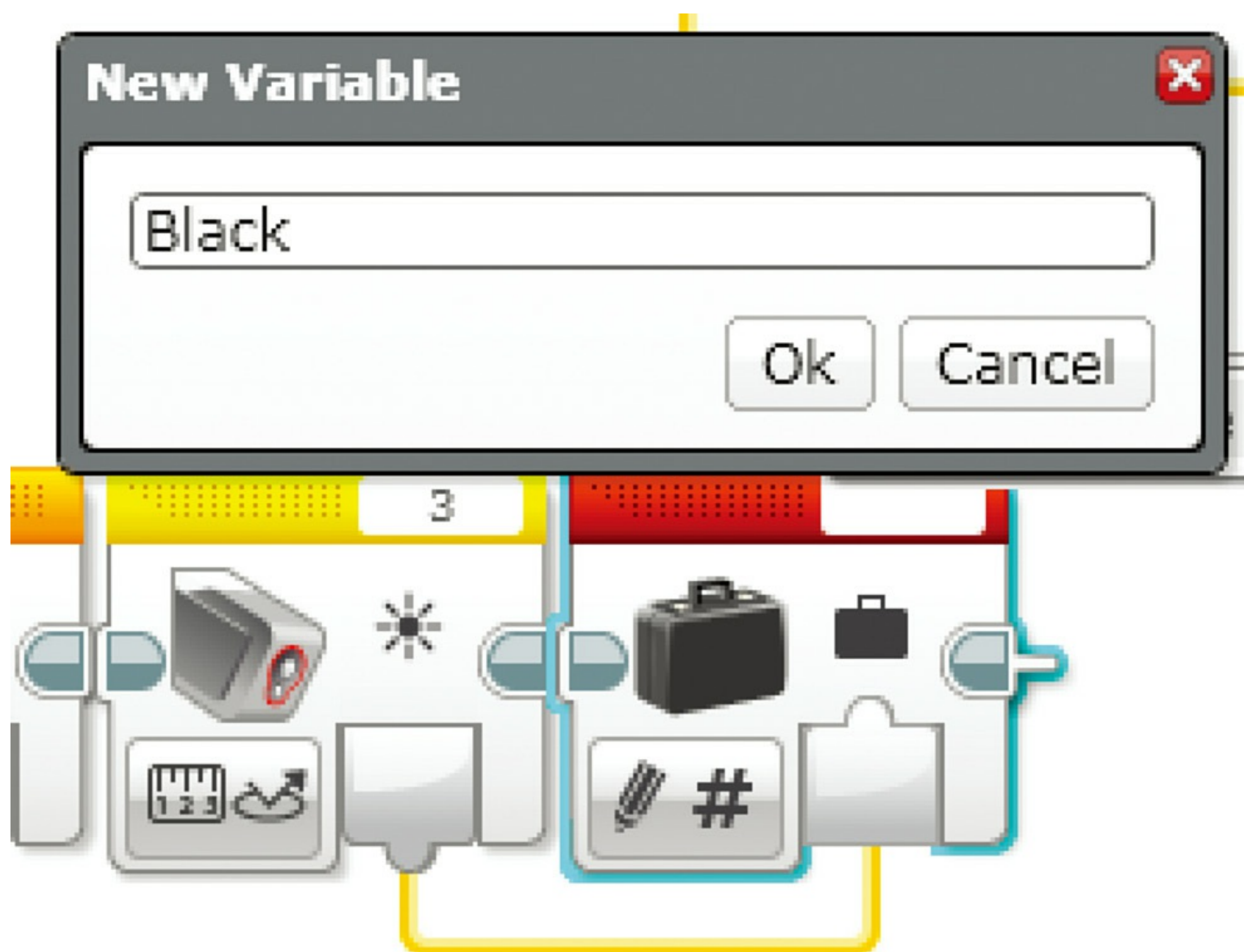


图8.18 如何命名你的变量

注意

如果你不想使用键盘快捷键，你还可以使用“编辑”菜单中的“复制”和“粘贴”。

14．　拖曳这3个副本模块到你的程序序列。

15．　通过单击复制的变量模块的右上角（写着“Black”）并选择“添加变量”来更改它的变量名为“White”。

你的序列看起来应该如图8.19所示。

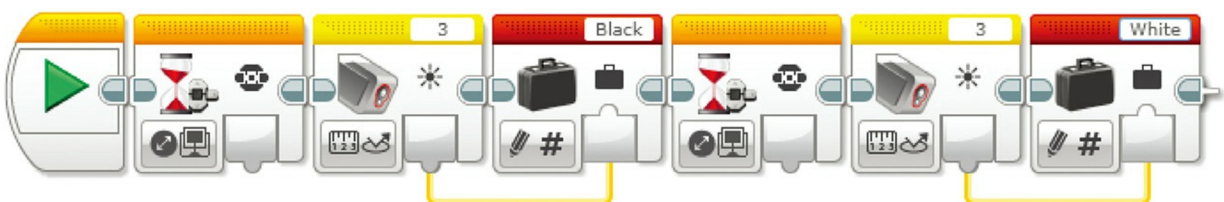


图8.19　一个基本的校准程序序列

8.4.2　使用变量计算

是时候用这些变量来进行一些计算了，记住公式是（a+b）/2。拖曳另一个变量模块到序列，它应该自动被设置为黑色。

你同样需要修改模式，默认它显示一支铅笔和一个“#”号（如图8.19所示的变量模块），说明它在写入一个变量并且变量是数字类型的。但接下来的程序中你并不想设置变量的值，而是想读取已经存在的值。你需要调整模式选择器到“读取——数字”选项（如图8.20所示）。图标应该修改为一本打开的书和一个“#”号，说明它在读取一个数字变量。

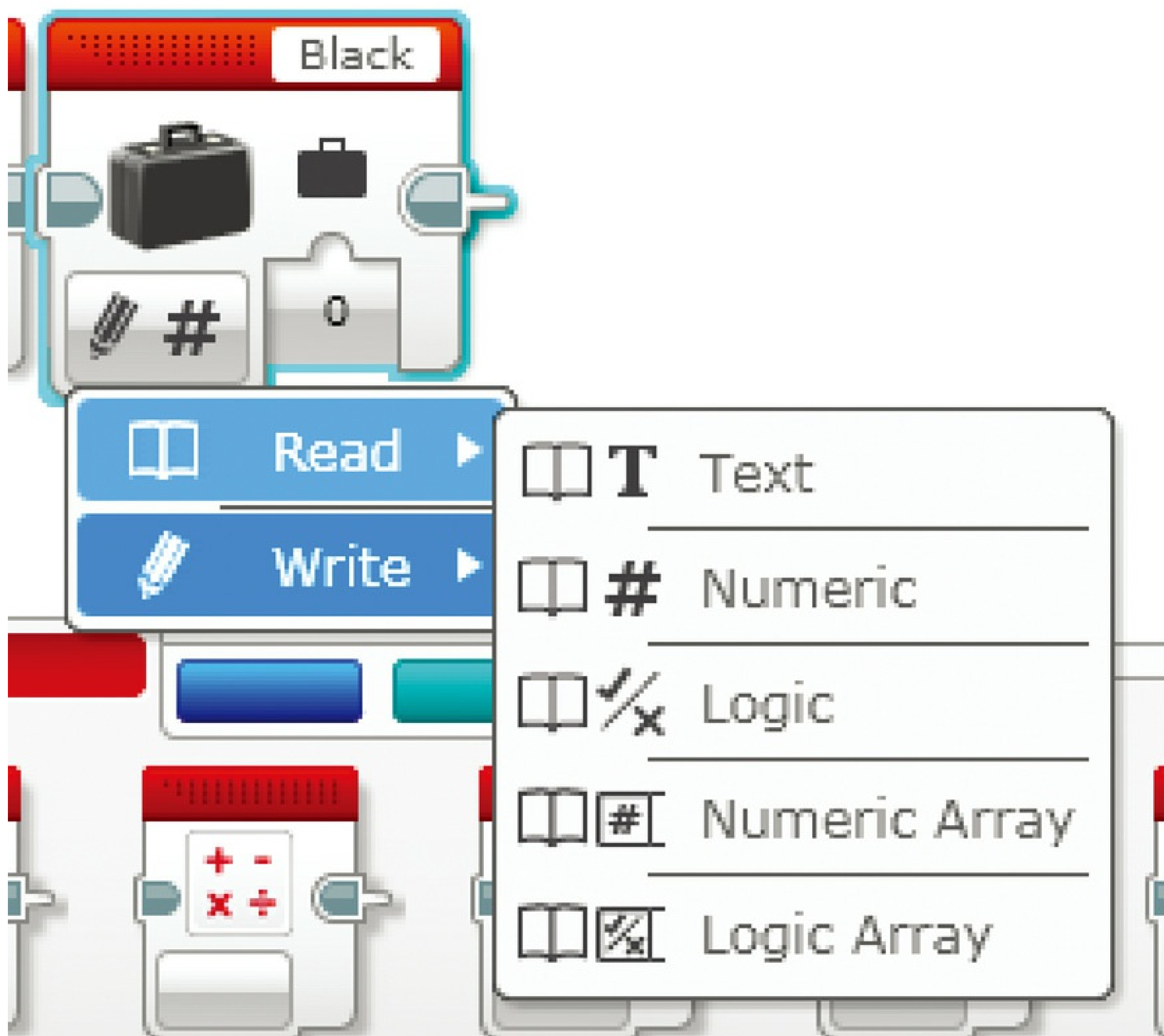


图8.20　设置模式到“读取——数字”

重复这些步骤来添加另一个变量模块，修改模式，并修改变量名称到“White”。

现在这些变量已经就位了，是时候做这些计算了。

1． 从红色模块组拖曳一个数学模块放到序列（如图8.21所示）。

2． 遵守计算顺序，你应该添加公式里面的a+b。默认数学模块设置为加法模式，所以你可以简单地使用数据线来连接Black和White变量到a和b输入（如图8.22所示）。

3． 将结果做除法需要拖曳另一个数学模块到序列并修改模式到除法。

4． 从第一个数学模块的输出拖曳一根数据线到第二个数学模块的输入，模块现在应该看起来如图8.23所示。

5． 目前将数学模块设置为除法时，它接收到的初始值是1。这个数量在运行时不会改变，你需要除以2，所以单击输入b上的数字1，并将其改为2。

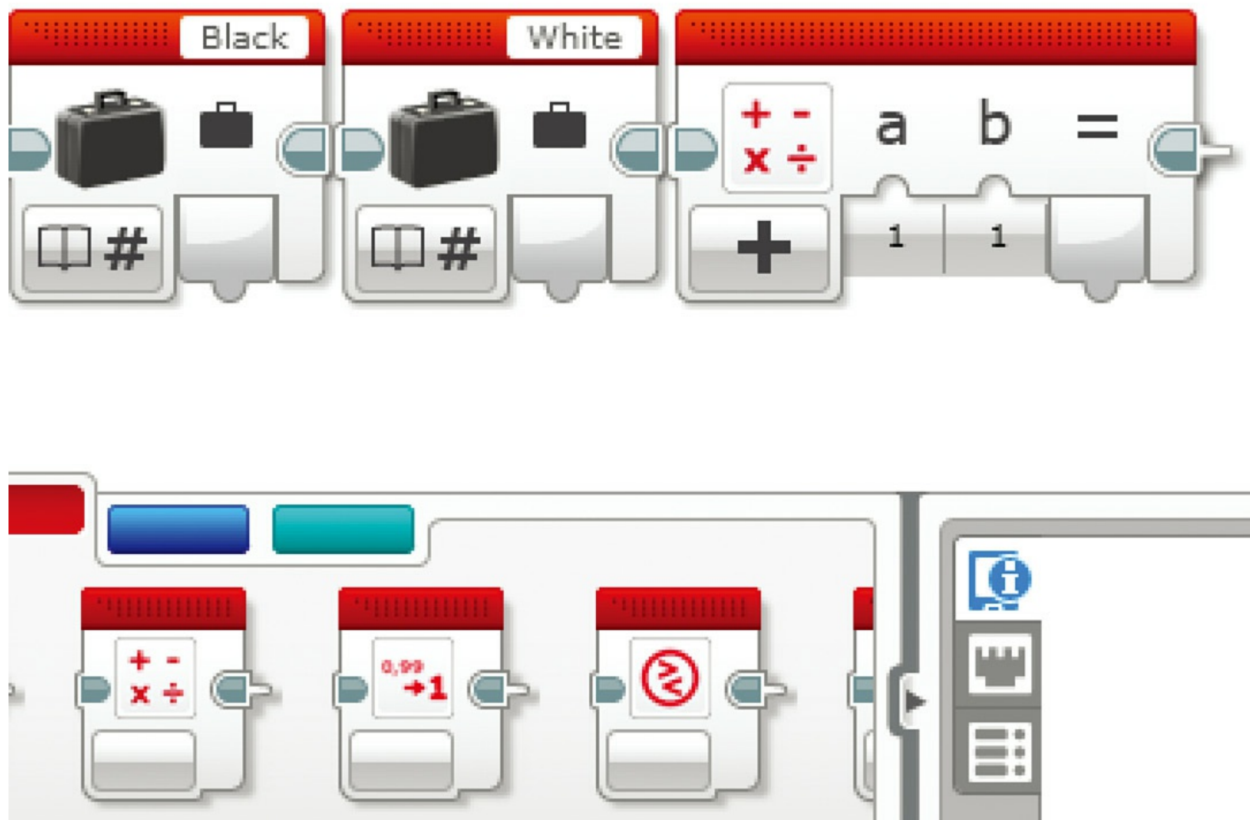


图8.21　拖曳一个数学模块到序列

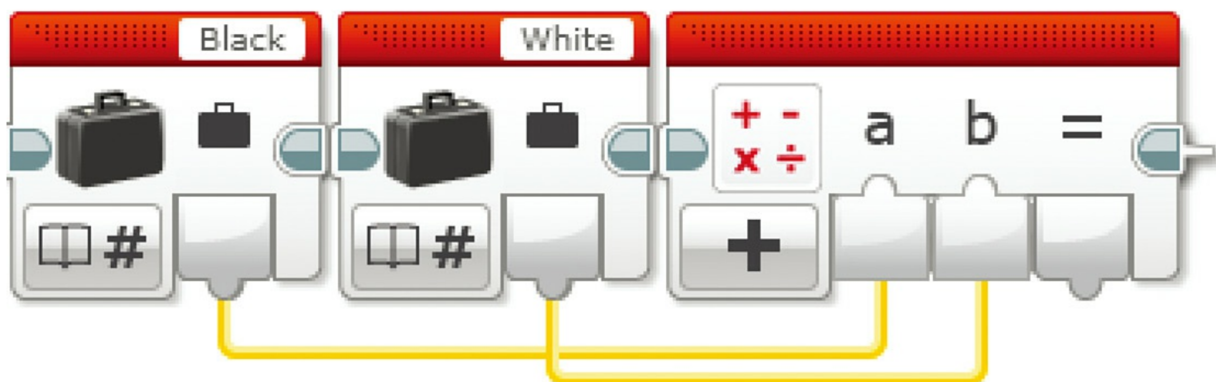


图8.22　数学模块将“Black”和“White”的数字值加在一起

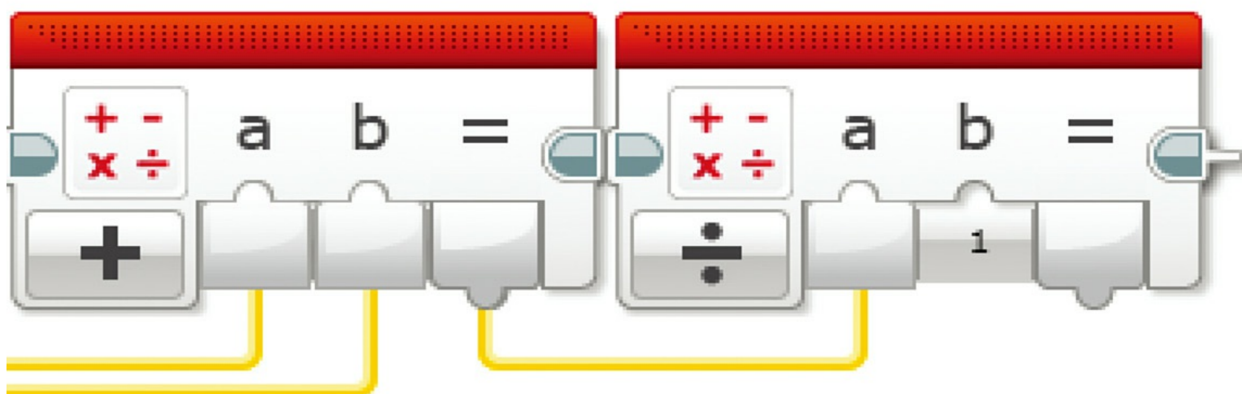


图8.23　这个数学模块将第一个数学模块的输出作为一个输入

6．这个数学模块的输出将会是a+b的一半，所以你可以使用它来创建第三个变量。拖曳另一个变量模块到序列，从第二个模块连接数据线到新变量的输入，并重命名你的模块为“MidGray”。模块此时应该看起来类似于图8.24所示的样子。

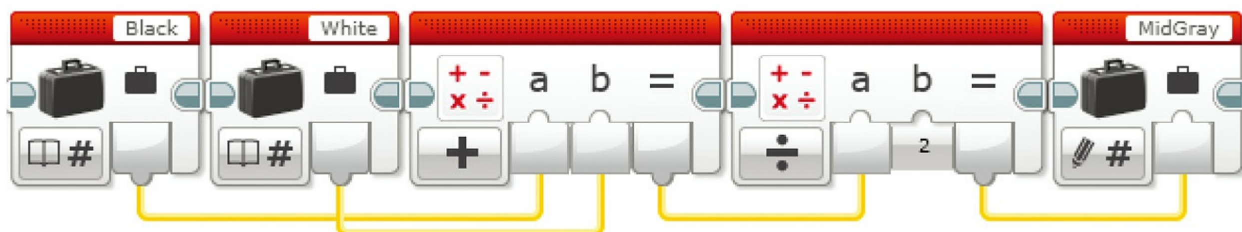


图8.24　MidGray变量现在被设置为测试轨道的黑色和白色区域之间的值

太好了！你创建了一个基本的校准程序序列。现在让我们做些事情来改良它。

8.4.3 通过反馈来改良程序

虽然你已经有了一个完整的、能工作的程序，但它也是能够被改良的。例如，一个问题是，虽然这个程序工作了，但它很难表示它工作了。没有任何提示告诉你要按下按钮，并且也许你会忘记应该先扫描黑色还是白色。（严格来说，如果你翻转了顺序，这个程序也能够工作，因为程序会相加两个值并除以2，但是给用户反馈仍然是一个好的习惯。）

让我们使用声音和屏幕图像来给用户一些反馈。

1. 拖曳一个显示模块到画布并放到开始模块的后面，如图8.25所示。

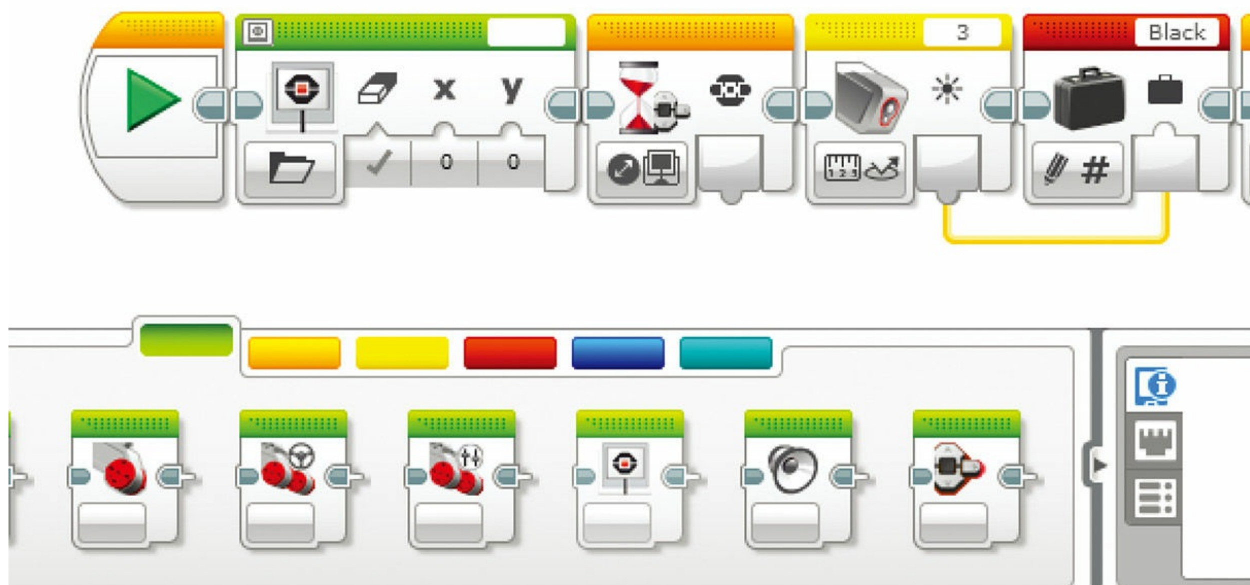


图8.25 拖曳一个显示模块到序列

2. 在默认情况下，显示模块设置为使用一个文件，但是现在真正需要的是显示文字。将模式选为“文字——矩阵”，如图8.26所示。

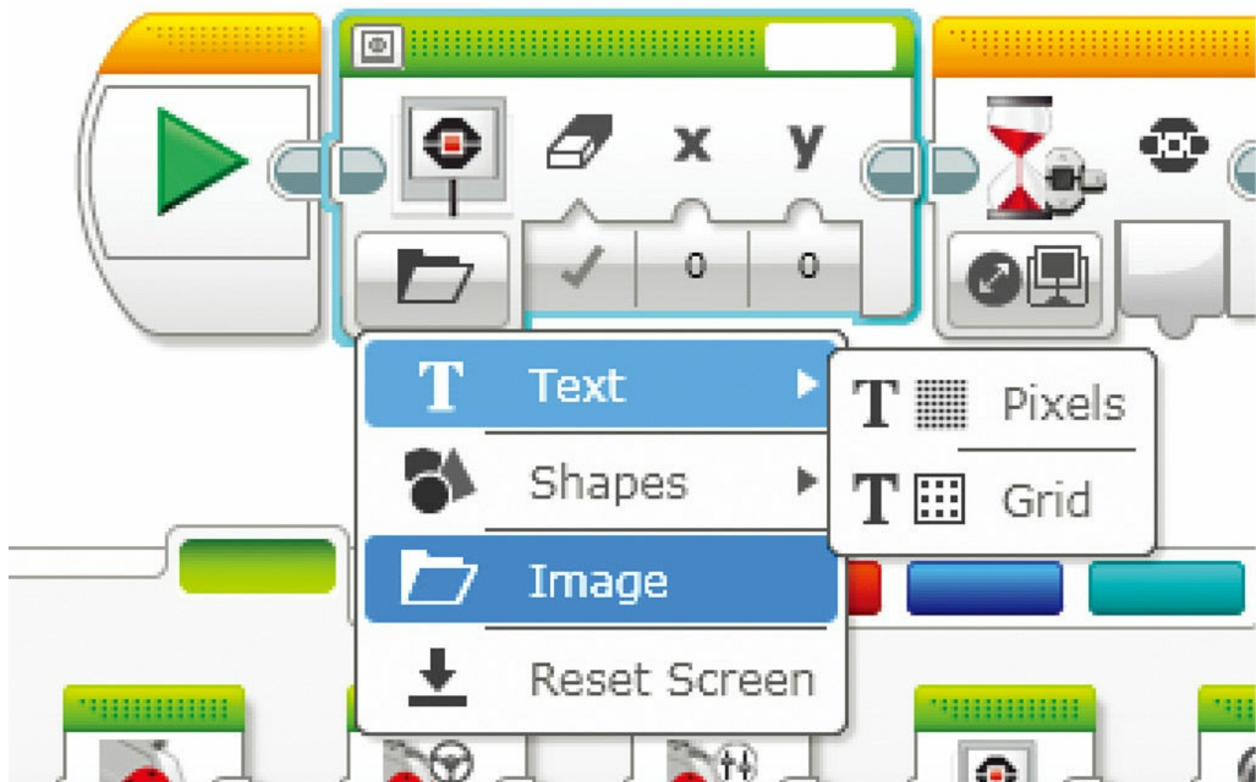


图8.26　将模式改为矩阵

3．　在右上角的文本是将要在屏幕上显示的文本。默认这个文本设置为“MINDSTORMS”，单击模块的右上角并修改它为“Black”。

4．　单击模块左上角的小显示图标来测试你的文字会显示（如图8.27所示）。

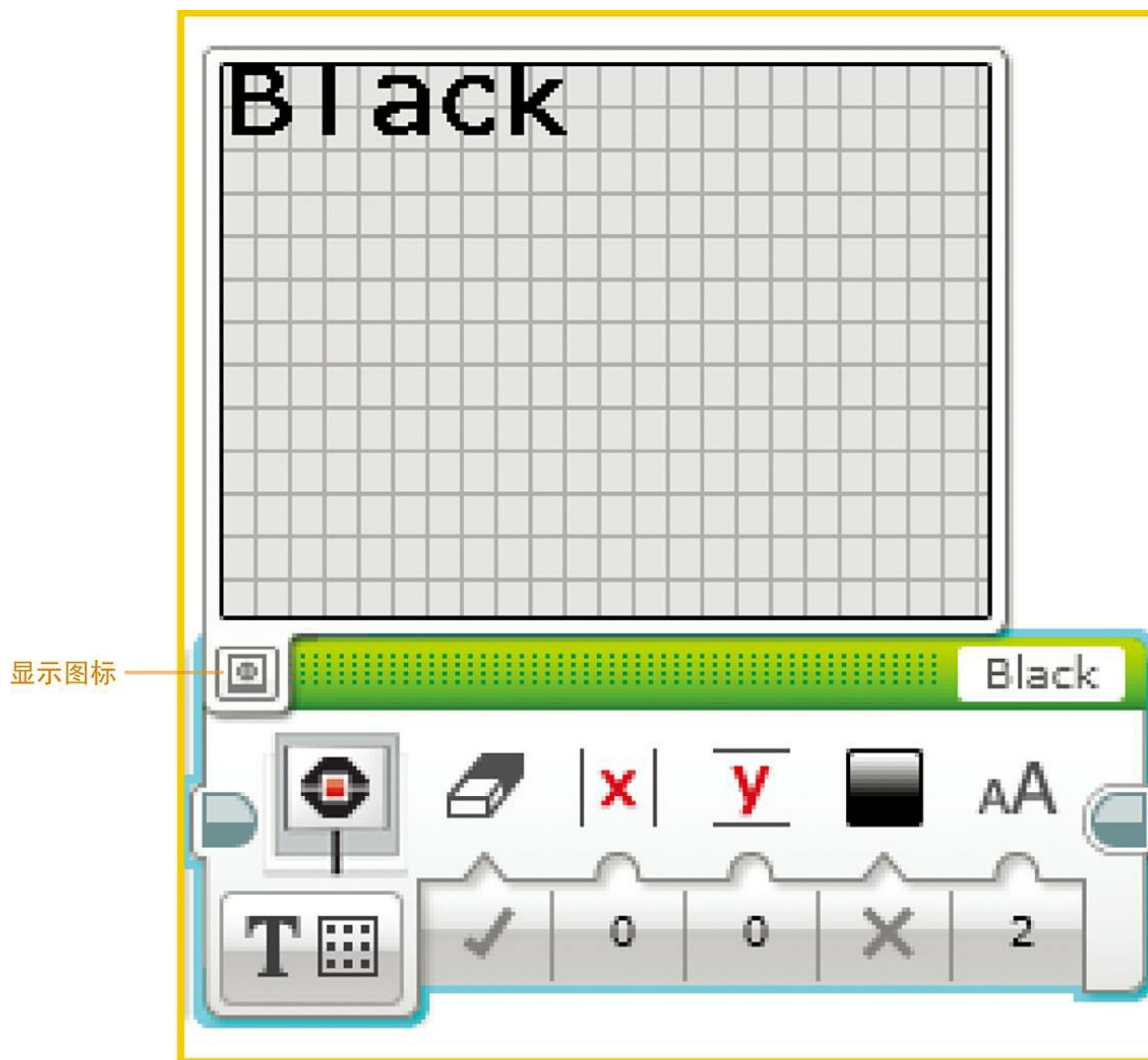


图8.27　显示预览

5．正如你看到的那样，文本全在屏幕的左上角。你可以通过x和y输入来调整此文本的位置。你可以使用模块右边尾部的“AA”输入来调整文本的大小。调整这些数字直到你对结果满意为止，如图8.28所示。

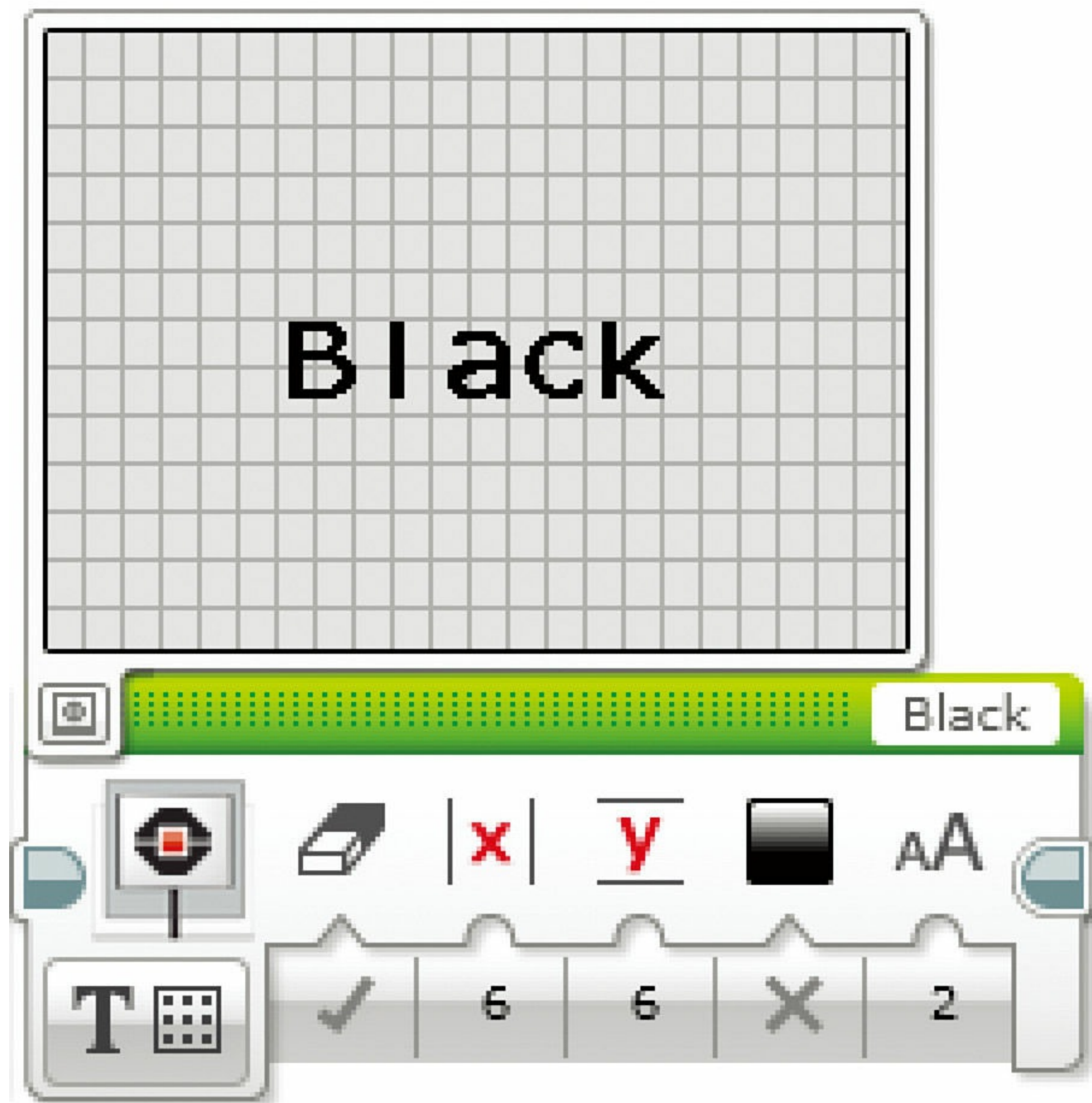


图8.28　文本居中显示了

6．拖入另一个显示模块（或者复制、粘贴）在你的第二个等待模块之前（如图8.29所示），当然要将显示内容更改为“White”。

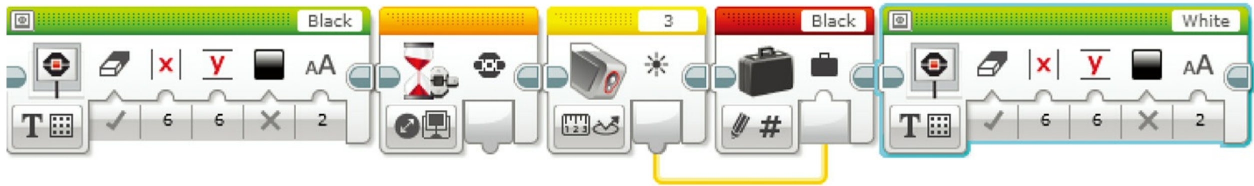


图8.29　黑色和白色的屏幕提示已经设置好了

现在你已经设置好了这些提示，你想不想让它更完美一点，显示灰色的实际值？它也许可以帮你在某些程序出错时排除错误。你可以创建一个新的显示模块来显示最终的灰色值。

1．拖曳一个显示模块到序列的尾部，调整模式选为“文本——矩阵”。现在并不是将默认的MINDSTORMS值更改为别的什么文本，而是更改为“已连线”（如图8.30所示）。

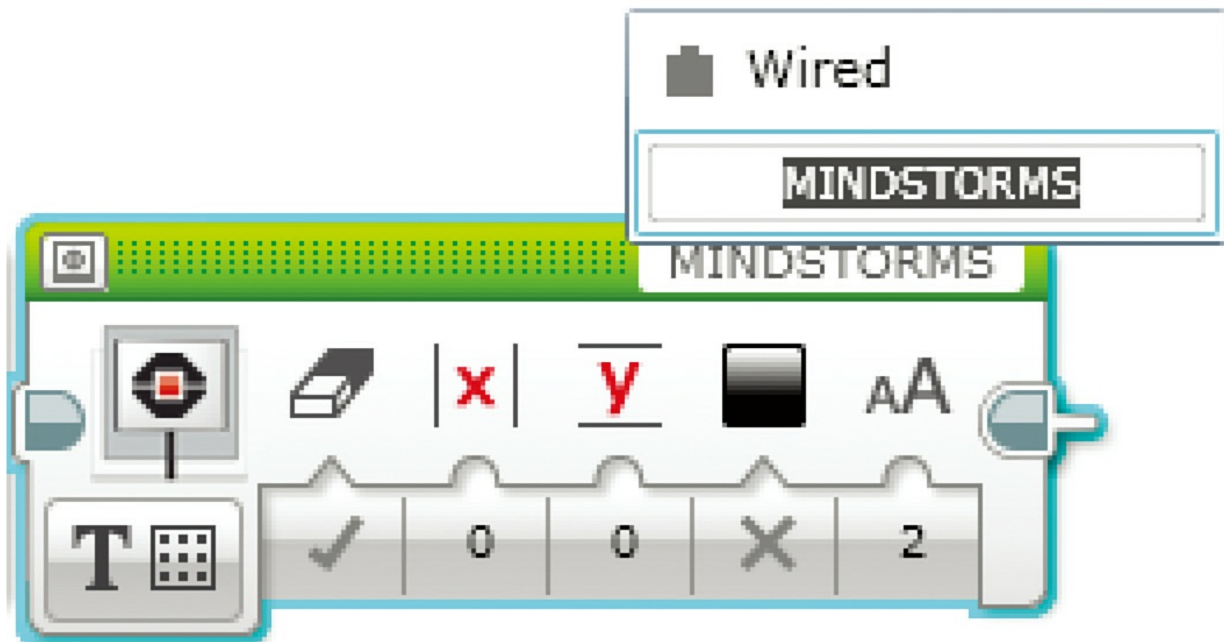


图8.30　将显示调为已连线

2．这会立刻给你另一个输入，但别急，你刚刚创建了变量MidGray，但是不能从变量输入。不用担心，因为输入变量的值是数学模块的输出，所以你只需从你的数学模块拖曳出另一根数据线连接到显示模块的输入，如图8.31所示。

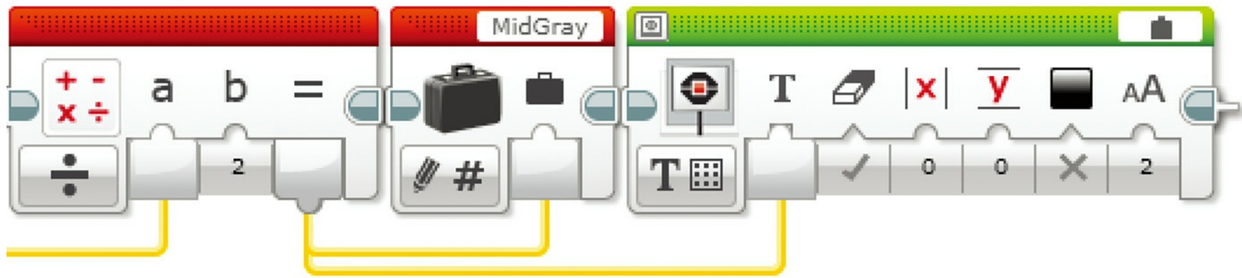


图8.31　连接数据线来改变显示

3．为了测试，你增加一个等待模块到序列的结尾并设置30秒的延迟。在程序的结尾，显示更改后会立刻回到主菜单，所以如果你不暂停，你将永远看不到显示。

8.4.4　为你的程序除错

继续测试你的程序。它能工作吗？如果你仔细遵循了教程，你应该看到程序块显示“Black”直到你将EV3放到了黑线上并按下了按钮。它会显示一个非常小的数字。它直接跳过了白色步骤，中间发生了什么？

发生的事情是程序执行比你的动作快。等待按钮会等待程序块按钮状态改变。按下按钮是一种改变，释放按钮也是一种改变。当你按下程序块的集成按钮，程序已经前进到了下一个等待模块，这意味着松开按钮会触发颜色传感器扫描轨道的白色区域。你如何才能修复它？你可以使用以下几种方法。

- 按下按钮并小心地移动EV3到轨道的白色区域。这个方法似乎并不是很实用。
- 将另外一个等待模块放到前一个的后面，这样它们实际上就接收了两个动作——按下按钮并释放。
- 更换等待模块的模式到程序块按钮，比较并指定一个事件在特定按钮（如图8.32所示）。

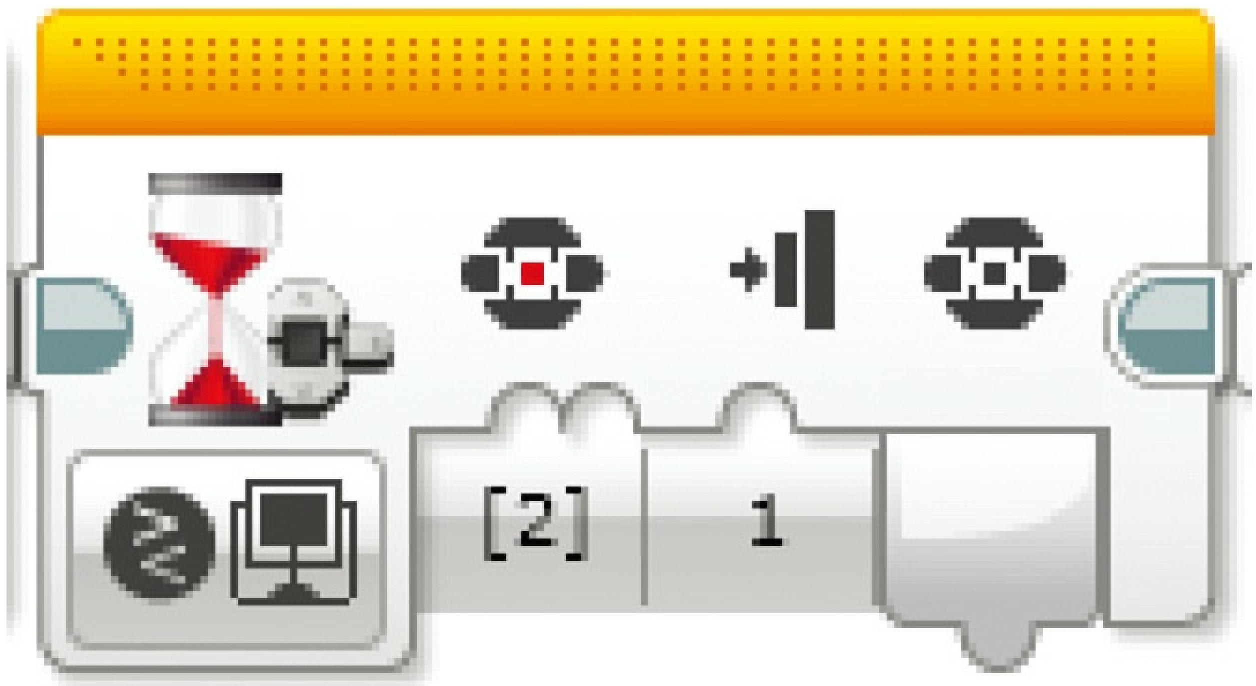


图8.32　等待模块设置为只在中心按钮按下时触发

- 添加另一个能使程序在检测到下一个等待模块之前能延迟足够长时间的模块
  到程序序列。

让我们用最后一个选项，同时我们也增加一个声音模块到序列。一个声音提示用户，使他调查为什么机器人会发声，并使他更容易去看屏幕。它需要很长的时间来播放声音，比释放按钮需要的时间更长，修复它之后，序列就能够工作。这也是学习声音模块的一个不错的“借口”。请按照以下步骤实现。

1．拖曳一个声音模块到画布，并将它放到你定义了Black变量和你的屏幕开始显示单词White之间（如图8.33所示）。

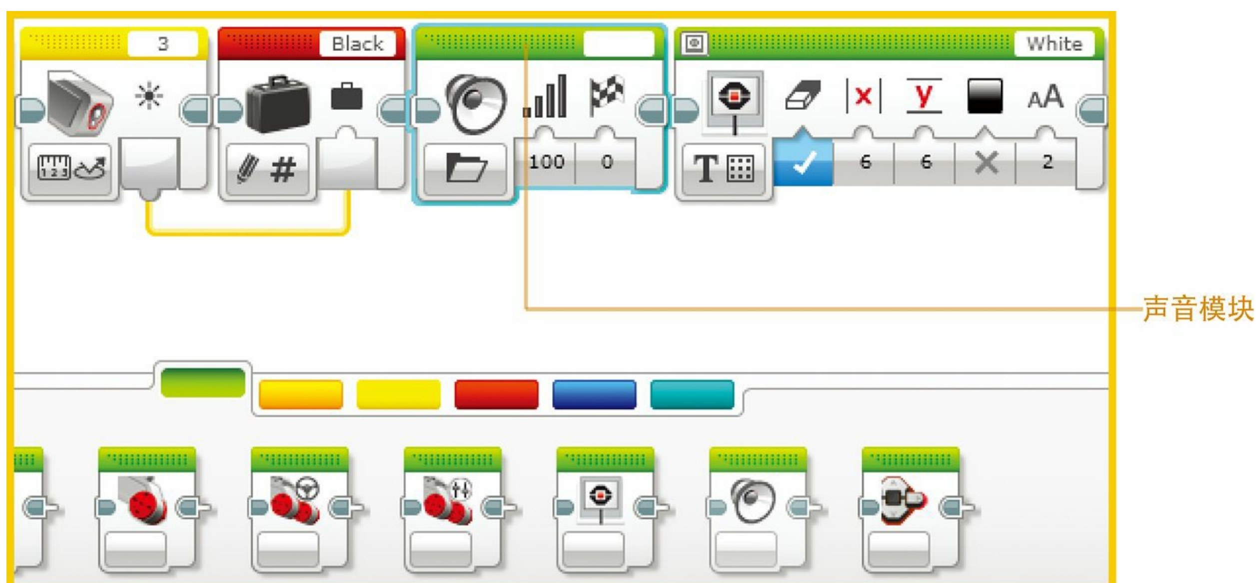


图8.33　将声音模块放到序列

2．声音模块的模式默认设定为文件。如果你有一个创建的或导入的文件，就可以播放它。目前，我们只需使用一个简单的声音来说明机器人已经计算了第一个变量（Black）并且还准备放到轨道的白色区域。更改声音模块的模式到音调（在中文EV3软件里面核对一下）。你也许也要将计时器从1秒改为0.5秒（如图8.34所示）。

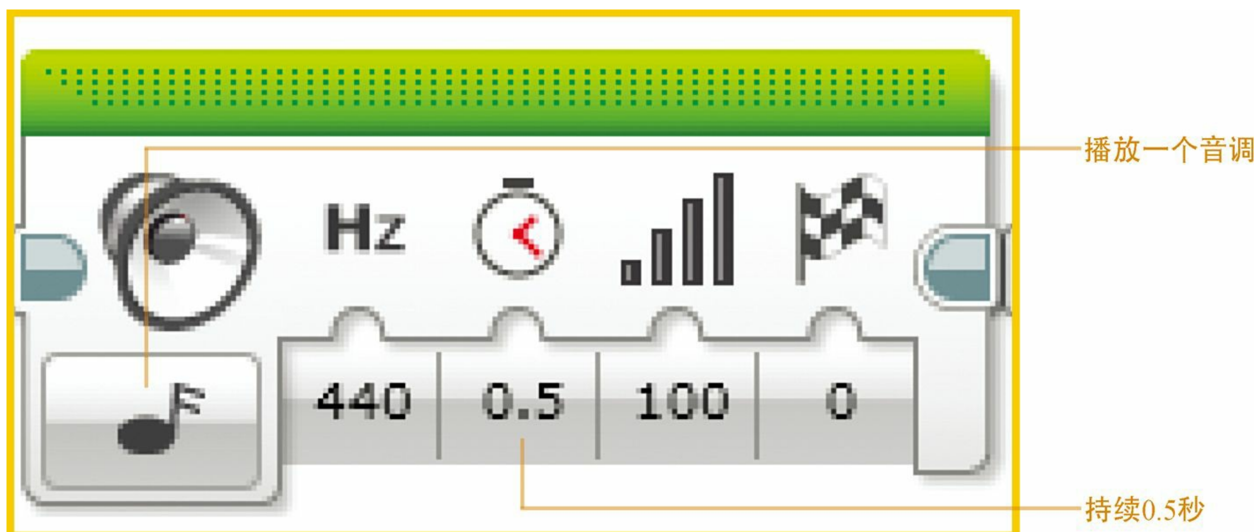


图8.34　调成声音模块来在440Hz频率播放一个持续0.5秒，音量最大的音调

再次尝试你的程序。现在，它应该工作了。你应该在最后看到一个值，它是轨道上最暗点和最亮点之间的值，通常应该是一个在30～60之

间的数字。

继续下一步之前的最后一件事：最初我设置了两个数学模块来告诉你如何计算MidGray值。因为它最简单，并且是最好的方法来学习程序里面发生了什么，不过实际上你可以只用一个模块来完成它。

1. 拖曳单独的一个数学模块，并将模式设为“高级”，而不是设置一个模块加，一个模块除。

2. 在模块右上角的文字域，输入公式“(a+b)/2”。

3. 连接数据线到你的变量和屏幕显示（如图8.35所示）。

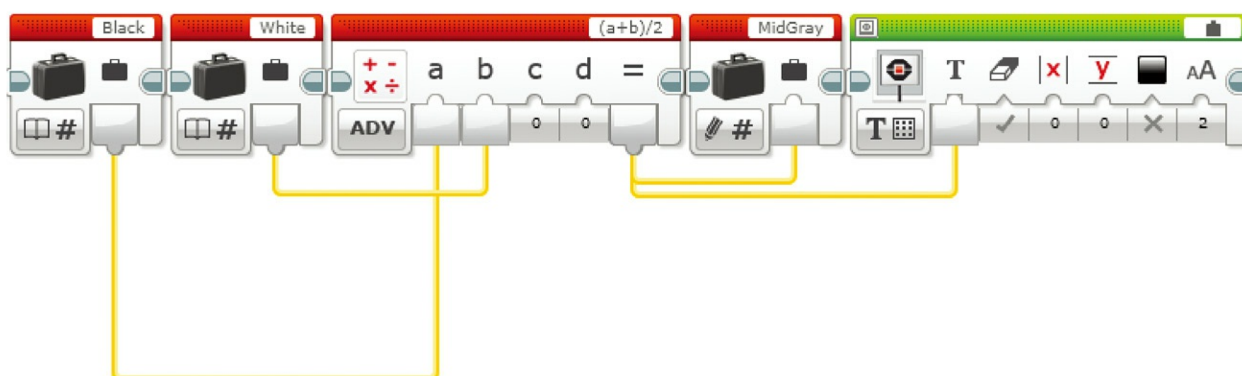


图8.35　一个单独的数学模块现在完成了两个完整的工作

当使用高级模式的数学模块时，你可以忽略不需要的输入（现在的c和d），但是它给了你足够的选项来执行一个复杂数学运算，诸如代数方程。

8.4.5　增加一个倒计时

现在传感器可以工作了，让我们给你的巡线机器人开始运行之前加一个倒计时。你可以使用屏幕来显示3，2，1。如果想要这样做，你还需要将一个等待模块或别的动作模块放到程序中以延时，否则倒计时会遇到同样的问题——运行得太快，使你完全无法看清它们。让我们再次使用声音模块，但是这次让我们来创建一个自定义的声音文件。

1. 添加一个等待模块到你程序的末尾，更改持续时间为5秒。它

必须设定足够长的时间以使用户看清MidGray的值。

2. 拖曳一个显示模块到程序的末尾并更改模式到“文字——矩阵”。

3. 更改文本内容为3，x值为9，y值为6，如图8.36所示。

4. 拖曳一个声音模块并设置模式到“播放文件”。

5. 单击模块右上角的文本输入区，你应该看到一个窗口，允许你选择已连线，项目声音和LEGO声音文件（如图7.37所示）。



图8.36　为这个模块设置显示配置

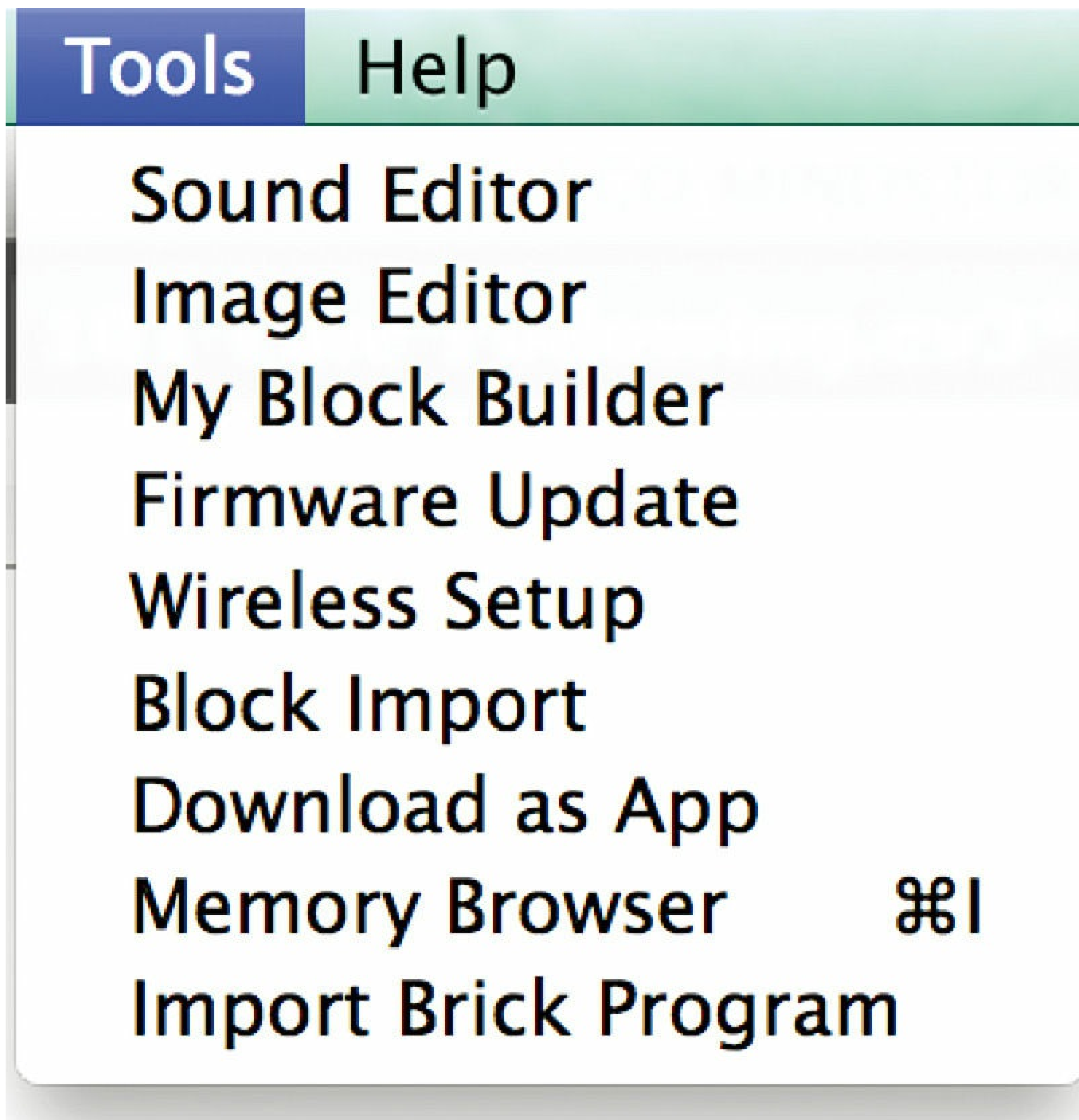


图8.37　选择LEGO声音文件

6．向下滚动并选择名为数字的文件夹和文件Three。你现在有了一个基本的倒计时器。

7．在程序中复制并粘贴声音和显示模块两遍（你应该得到了连续的3组声音和显示模块）。

8．将第二个和第三个显示模块的数字分别改为2和1。

9． 将第二个和第三个声音模块的文件改为匹配的文件（分别为Two和One），最后你的程序应该如图8.38所示。

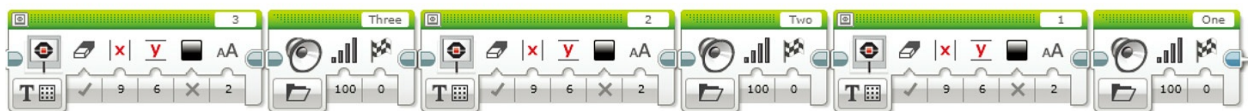


图8.38　倒计时器程序完全实现了

提示

为了增强娱乐效果，你可以增加一个声音模块说“Go！”你可以在声音模块的通信文件夹找到那个声音。

8.4.6　使用循环来使机器人循线

你已经校准了传感器并给机器人设定了倒计时，现在是时候完成机器人巡线程序的最后一个部分了。你需要制作一个连续的循环。当反射光太强时机器人应该左转，当反射光太弱时机器人应该右转。这样造成了机器人拥有那种锯齿状的动作，就如图8.6中我解释的。

让我们开始。

1． 拖曳一个循环模块到程序的末尾。这个循环会包含后面的所有程序（见图8.39）。

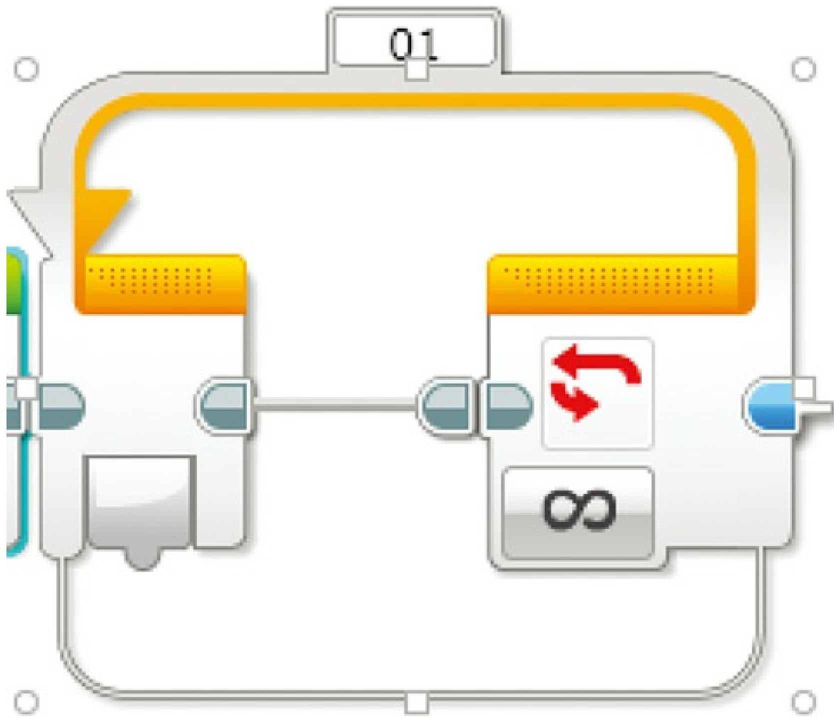
提示

你可以命名一个循环，当有一个以上的循环时，这对使你记起为什么创建这个循环是非常有帮助的。你只需要单击循环上方的数字就可以将其命名。我将这个循环命名为“Line Seeking”。

2． 拖曳一个变量到循环。更换模式到读取数字并选择变量MidGray。

3． 增加一个颜色传感器模块到变量模块的后面，设置模式到“测量——反射光强度”。

4． 增加一个比较模块到程序。比较模块可以在数字之间进行比较。将模式设置为“大于”。



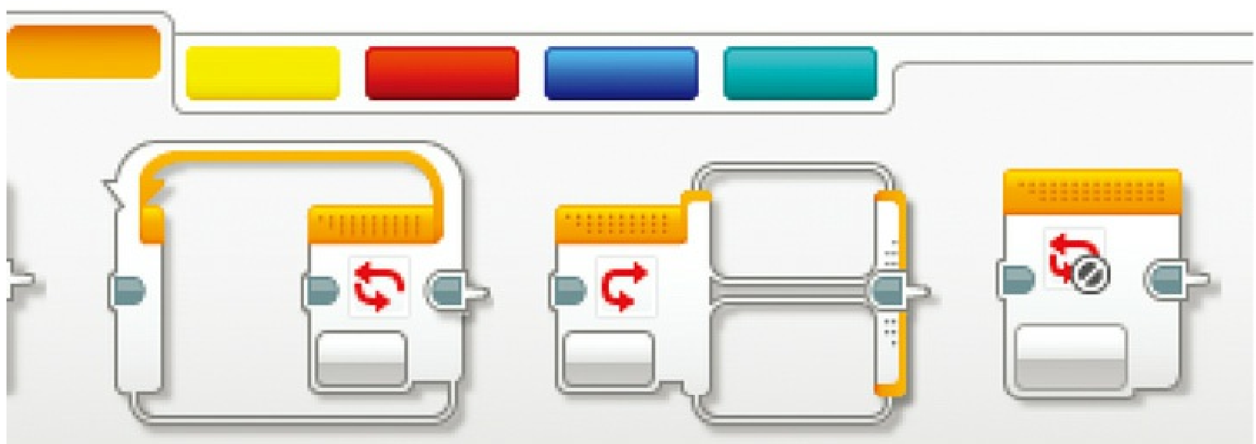


图8.39　拖曳一个循环模块到程序

5．使用数据线来连接这些元素。你在尝试观察颜色传感器是否检

测到一个高于MidGray值的光强度，所以拖动数据线来连接颜色传感器模块的输出到“a”、连接MidGray变量的输出到“b”。图8.40展示了完全组装好的这些新模块。

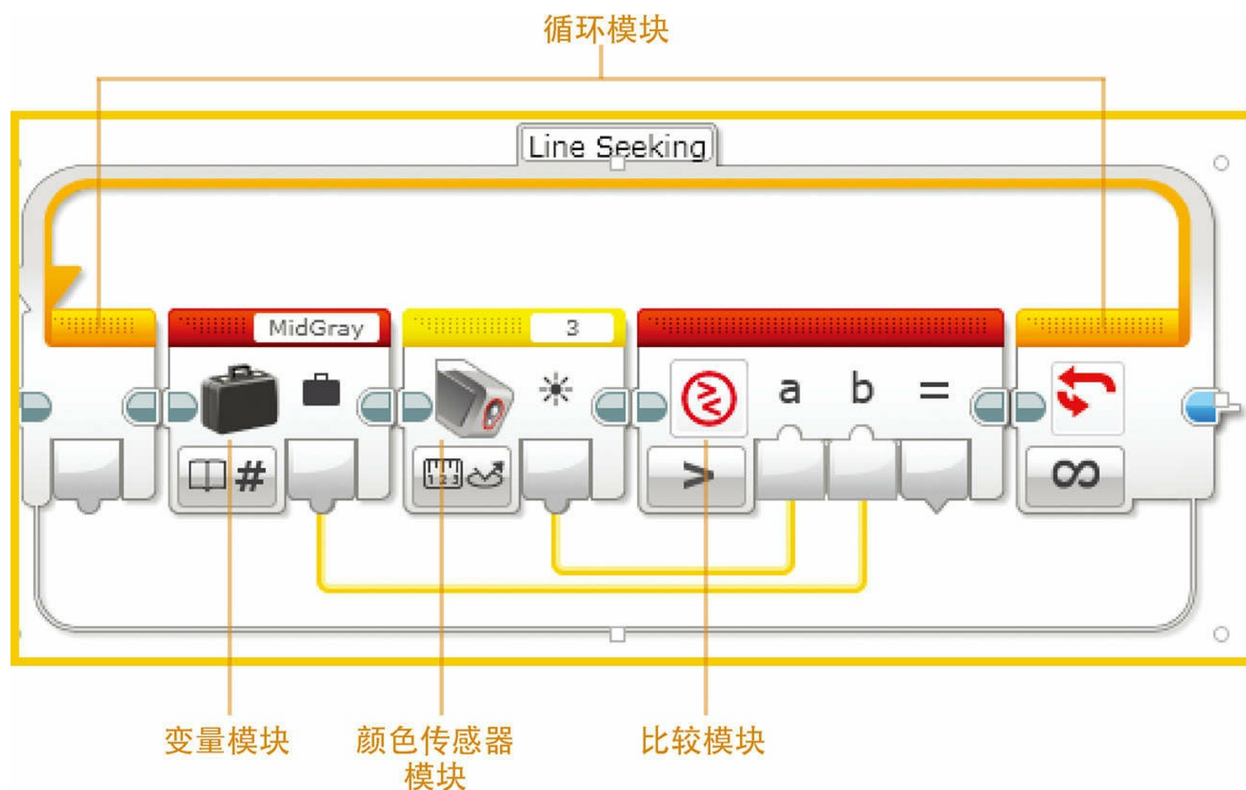


图8.40　Line Seeking循环现在包含了变量、颜色传感器和比较模块

8.4.7　增加分支来转向

比较模块的输出将是两个情况：真或假。该传感器的值要么高于设定值，要么就低于设定值。在这种情况下，两个数字是完全相等的情况是不存在的。所以，你现在需要做的是为两种情况做出相应的反应。你应该使用切换模块来做出反应。

1．拖曳一个切换模块到程序中的循环，循环应该扩展至能容纳它（如图8.41所示）。

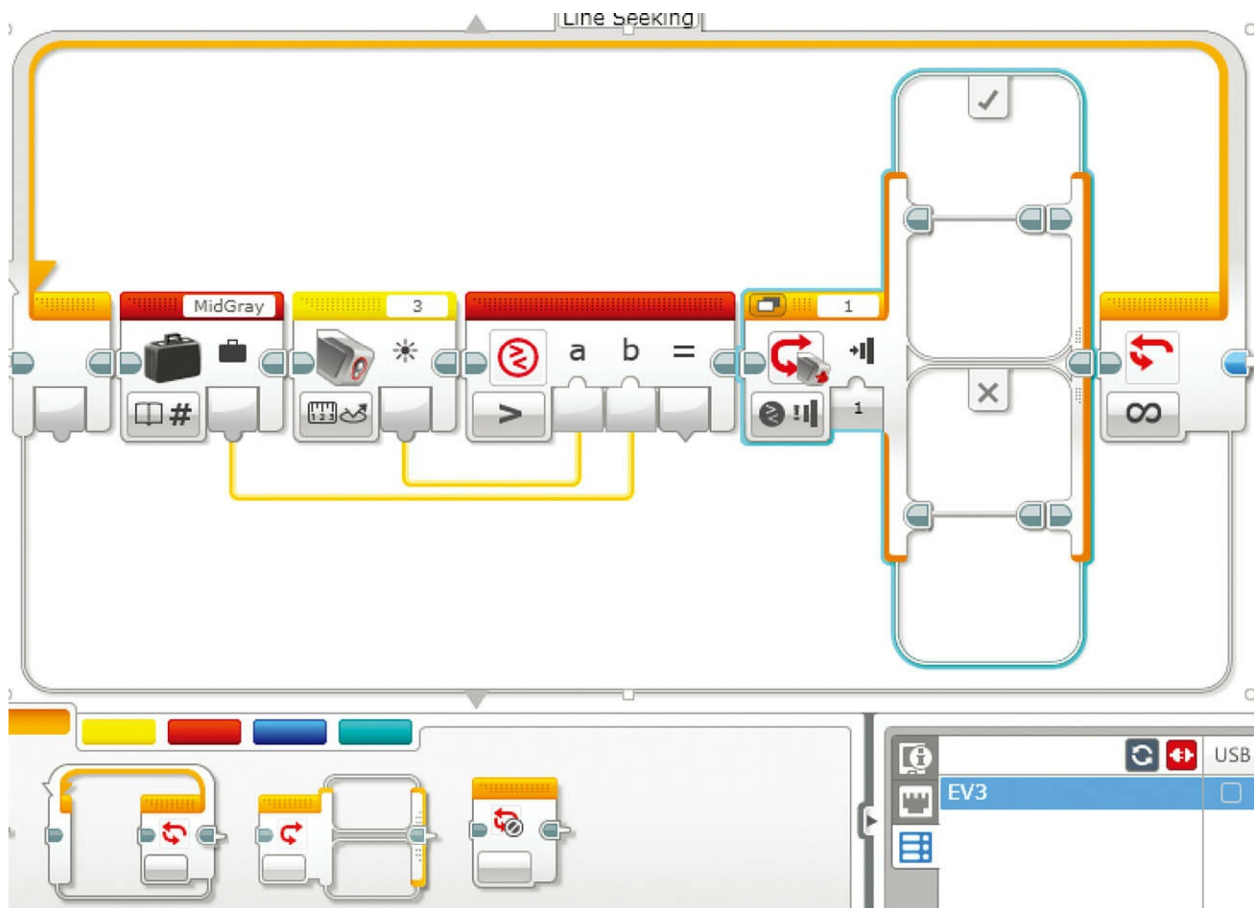


图8.41　插入切换模块

切换模块是一个重要的编程元素，因为它们允许你做出选择。注意一边的“√”和另一边的“×”，它们代表真和假。

2．在下一步之前，你需要更换切换模块的模式。它的默认设置是触动传感器，这样你就可以用触动传感器作为开关。在本程序你并不会使用触动传感器，所以你应该将模式改为逻辑。

3．使用数据线将比较模块的输出连接到切换模块的输入，现在循环如图8.42所示。

4．现在你只需要添加动作。如果比较模块发送给了开关模块一个真的结果，你需要让机器人右转；如果是假的结果，你就需要让机器人左转。为了产生这个结果，拖曳两个移动转向模块到切换模块的每一种情况。

图8.42　数据线已经与切换模块连接好了

5．设置每一个移动转向模块的模式到开启，功率设置为20。

6．将顶端（真）的移动转向模块的转向值设置为40，此时箭头应该指向右方。

7．将底端（假）的移动转向模块的转向值设置为−40，此时箭头应该指向左方。结果如图8.43所示。

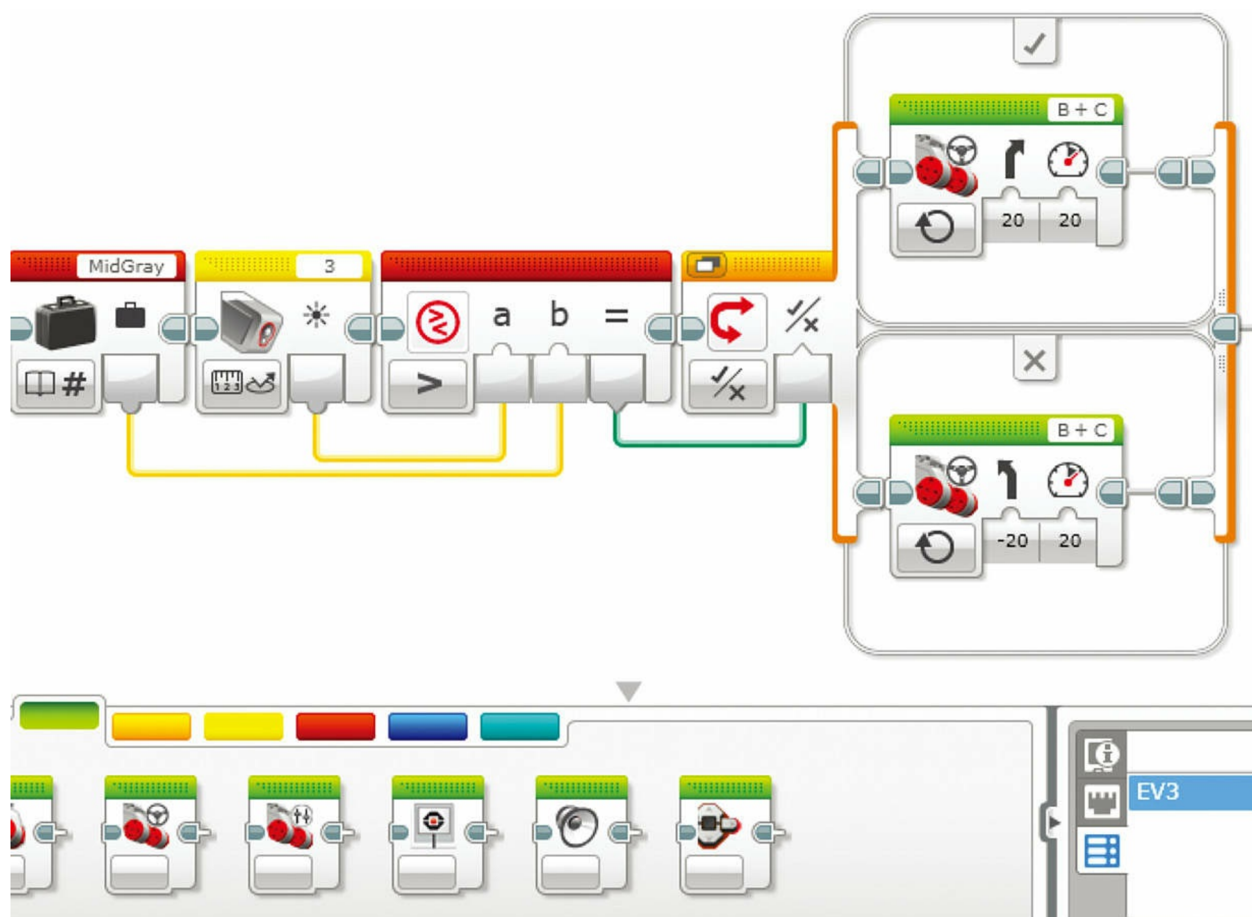


图8.43　插入移动转向模块并调节得与图片相同

8．现在你的程序应该可以工作了，但是让我们做最后的改动，拖曳一个显示模块到切换模块的两端，给机器人一双来回移动的眼睛。

9．还记得你如何使用播放文件为你的声音模块设定声音文件吗？你可以在显示模块上做同样的事情，选择模式到“显示文件”。

10．单击显示模块右上方的文本区域并选择“LEGO图片文件——眼睛文件夹”（如图8.44所示）。

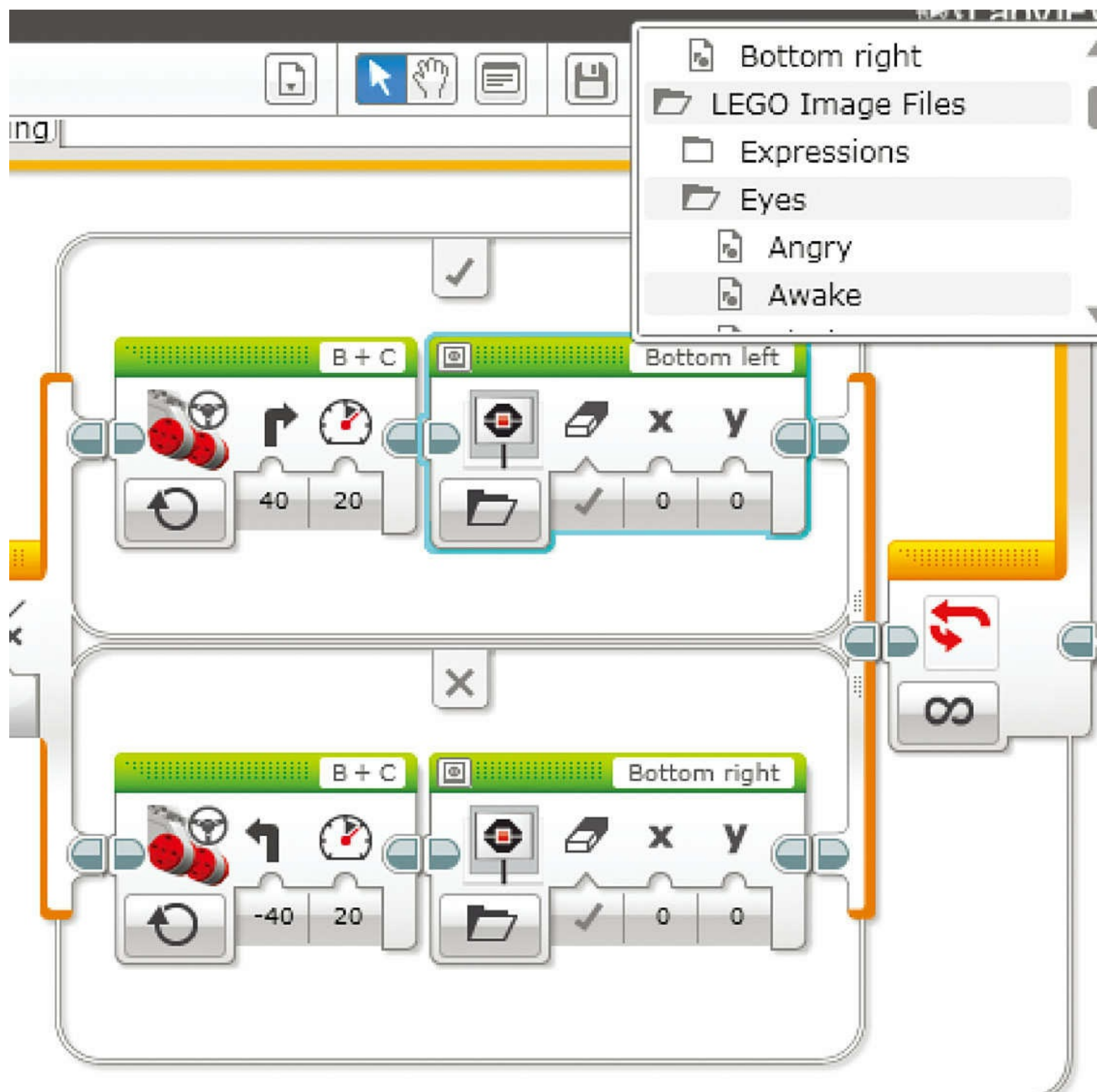


图8.44　给你的显示模块找到图像文件

11．为一个显示模块选择“Bottom Left”，并为另一个选择“Bottom Right”。

12．保存你的程序。

好了，应该差不多了。检查一下，保证你的循环最终和图8.45所示的一样。

下一步，测试你的程序。现在它应该能够工作了。传感器会校准，并且机器人会在循线时以锯齿状动作移动。你可能会注意到有时候它会在遇到尖角或右转弯时迷路，这对于锯齿循线方法来说很正常。

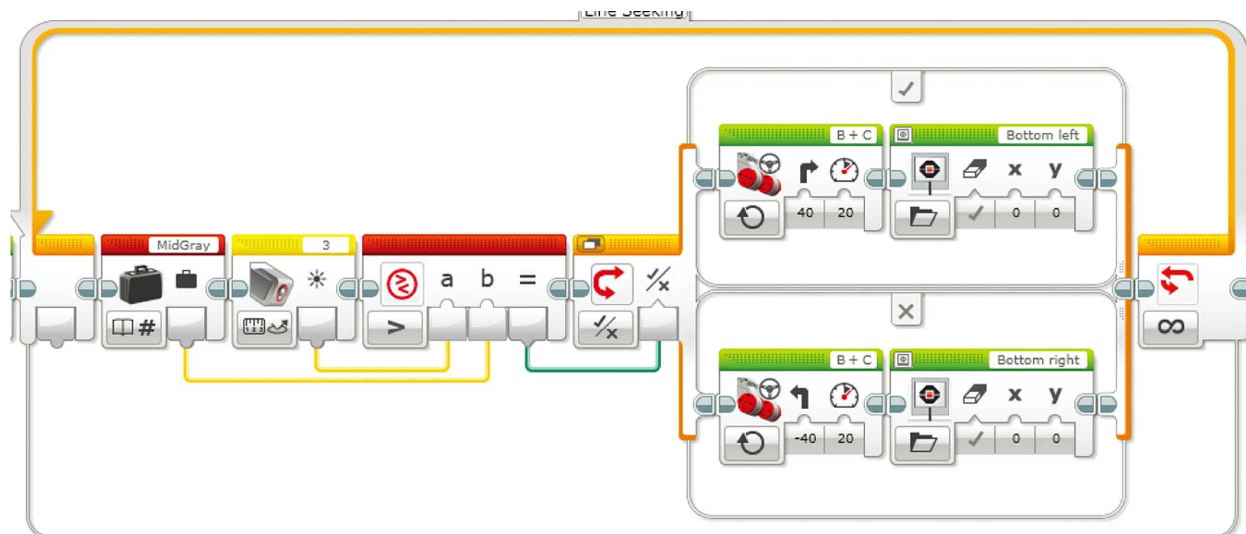


图8.45　循线循环完成了

进一步探索

你可以尝试调整转速和角度，增加不同的行为，如一个切换情况，在走直线时，正好是黑线与白色地面之间的灰色，而不是总只在一面或另一面。

你甚至可以添加一些逻辑，让机器人按照由颜色传感器所见颜色的灰度值与MidGray值之差确定的角度来拐急弯。

8.5　创建自定义模块

你可以在不同程序之间复制、粘贴模块和程序，但是如果有一个程序你可能经常使用，那么保存它最有效的一种方法是将它变为一个自定义模块。让我们使用你的倒计时程序制作一个自定义倒计时模块。

1．按下“Shift”键并按住鼠标左键拖动光标来选择整个倒计时程序（如图8.46所示）。



图8.46　倒计时程序

2．在EV3软件的菜单里面选择工具“我的模块创建器”。

3．你会看到“我的模块创建器”菜单，为你的模块选择一个名字。它必须包含一段文字，并且尽量短（如图8.47所示）。

图8.47　在“我的模块创建器”为你的模块增加一个名字和一个简介

4. 增加一个简介。

5. 选择一个图标。

6. 在完成之后单击“完成”。

在你单击“完成”之后，你的模块会完成创建，并且你的程序会被刚刚创建的模块替换（如图8.48所示）。

你的新模块出现在了调色板的蓝绿色标签页，并且它对任何你在计

算机上创建的其他EV3程序都是可用的（它不会出现在其他电脑的EV3软件上）。

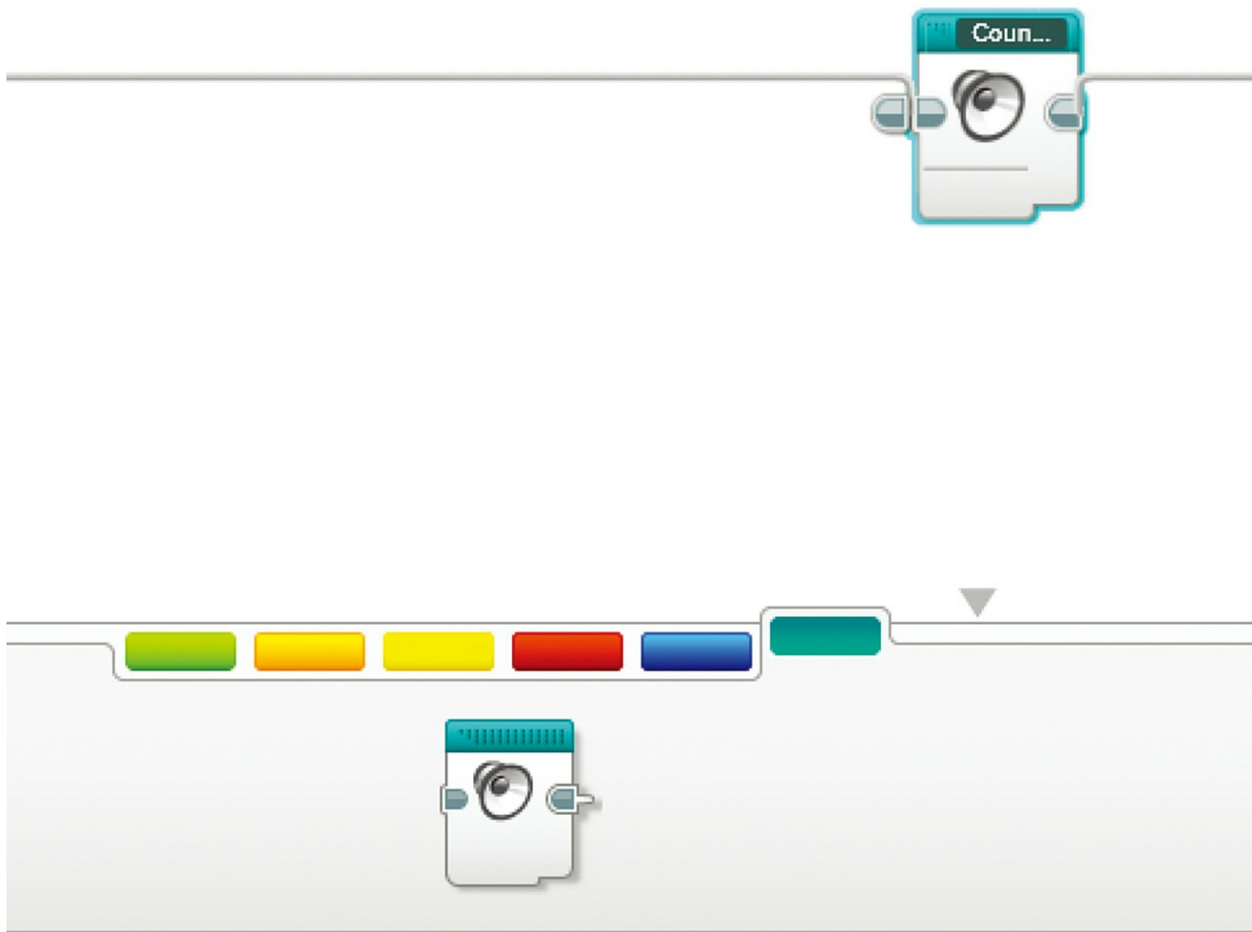


图8.48　自定义模块出现在了蓝绿色的标签页里

提示

如果你想将你的自定义模块分享给其他人或放到其他电脑的EV3软件上，你可以进行如下操作。

1. 转到“项目属性”（屏幕左上角的分支）。

2. 转到“我的模块”标签页。

3. 选择“你的自定义”模块。

4. 单击“导出”。

8.6　记录下自己的工作

当你完成这个或者其他类似的项目时，请确保留下了关于你所做的一切的文档。这样，如果有什么部件不工作或者你有一个如何更改它的主意，你会知道从何处开始。文档对于将程序分享给其他人也同样有好处。图8.49展示了一个利用注释工具写下的简单说明。

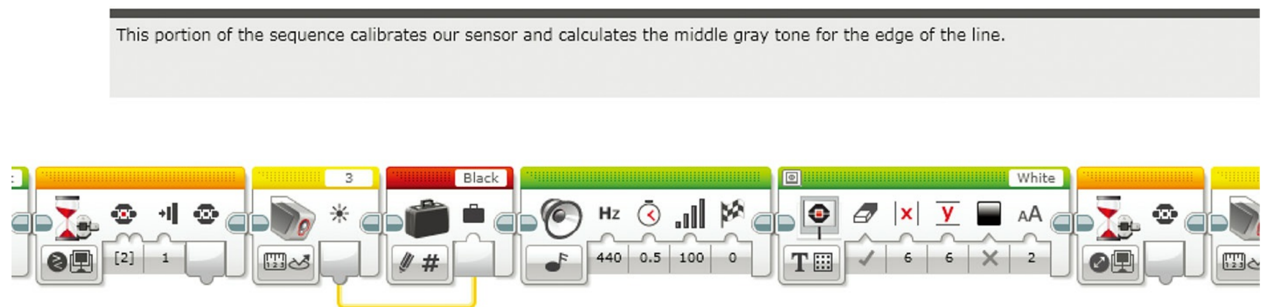


图8.49　留下一些注释

8.7 小结

在本章中，你深入研究了一个中等规模程序的核心，还制作了一个能沿着一根黑线的边缘运动的机器人。它也使用了变量、文本显示、声音文件以及校准传感器。你甚至从创建的程序的一部分创建了一个自定义模块，现在你可以在别的程序中使用它。

第9章　地板清洁机器人

在第8章中，你使用了第7章的基本机器人设计制作了一个循线机器人。在这个过程中，你除了使用颜色传感器，还使用屏幕显示和EV3扬声器来进行了最后的润色。在本章中，在搭建技巧之上，你还将学会使用巡线机器人的技能，制作一个地板清洁机器人。

就像循线机器人的练习一样，地板清洁机器人的练习是另一个经典的机器人问题。有时候课堂上会忽略这个问题的设计部分，只要求学生编写一个机器人能访问到一个矩阵上所有的点。你想这样吗？你的机器人实际上对于地板的清洁应该是有效的。虽然它不能清洁地毯——那需要真空零件，但是它可以清洁硬质地板。

在开始这个大项目之前，本章会先让你熟悉一些涉及红外线和触动传感器的简单项目，然后，你会利用所学到的关于编程和处理工程技术问题的方法制作一个能真正清洁地面的机器人。你的第一个小项目将会是制作一个可以自我控制的避障机器人。

> 提示
>
> 一定要保存你的所有项目，你将在本章的最后一次搭建中用到它们。

9.1　制作一个避障机器人

学习制作避障程序是一个经典的编程挑战。你能否制作一个机器人，在不转动墙或其他物体的情况下避开它们？你当然可以做到。首先确保你有一个表面平整没有铺地毯的房间。你也应该避免楼梯或有突然下坡的台阶。因为这个机器人没有任何传感器对着下面，所以它不会检测到下坡的台阶，这可能会损坏你的EV3。

你要做的第一件事就是修改在第8章所建的车辆，最后的结果如图9.1所示。红外线和触动传感器被安装到了车辆的前部。



图9.1　你的修改版车体

以下是关于搭建这个小车的指南。

1．取出你在第8章搭建的小车。

2．去掉颜色传感器和用来安装它的梁。

3．安上红外传感器。它应该安装在小车前部突出的长梁上，并且应该使用一根轴来安装。

4．使用一根轴安装触动传感器到另外一个梁的前面。

5．连接红外传感器到传感器端口3。

6. 连接触动传感器到传感器端口2。

> 提示
>
> 在你的红外传感器进行远程控制的时候，它不需要关心“眼睛”是朝向小车的前方还是天花板。然而，当你在用传感器作为距离检测时，“眼睛”必须朝着前方。

你需要让这辆小车做两件事：自主避开物体（墙和任何玩具或家具），并使用触动传感器作为开关按钮。利用在第7章和第8章学习的知识，你可以使用一个循环模块和一个切换模块来检测机器人旁边是否有一个东西。如果是，就利用转向模块来远离它。

9.1.1 激活触动传感器

你需要使用触动传感器来激活你的机器人，以下是如何创建此部分程序的指南。

1. 打开EV3家庭版程序并创建一个新项目。

2. 拖出一个等待模块到画布的开始模块。

3. 变更等待模块的模式到“触动传感器——更改——状态”（如图9.2所示）。

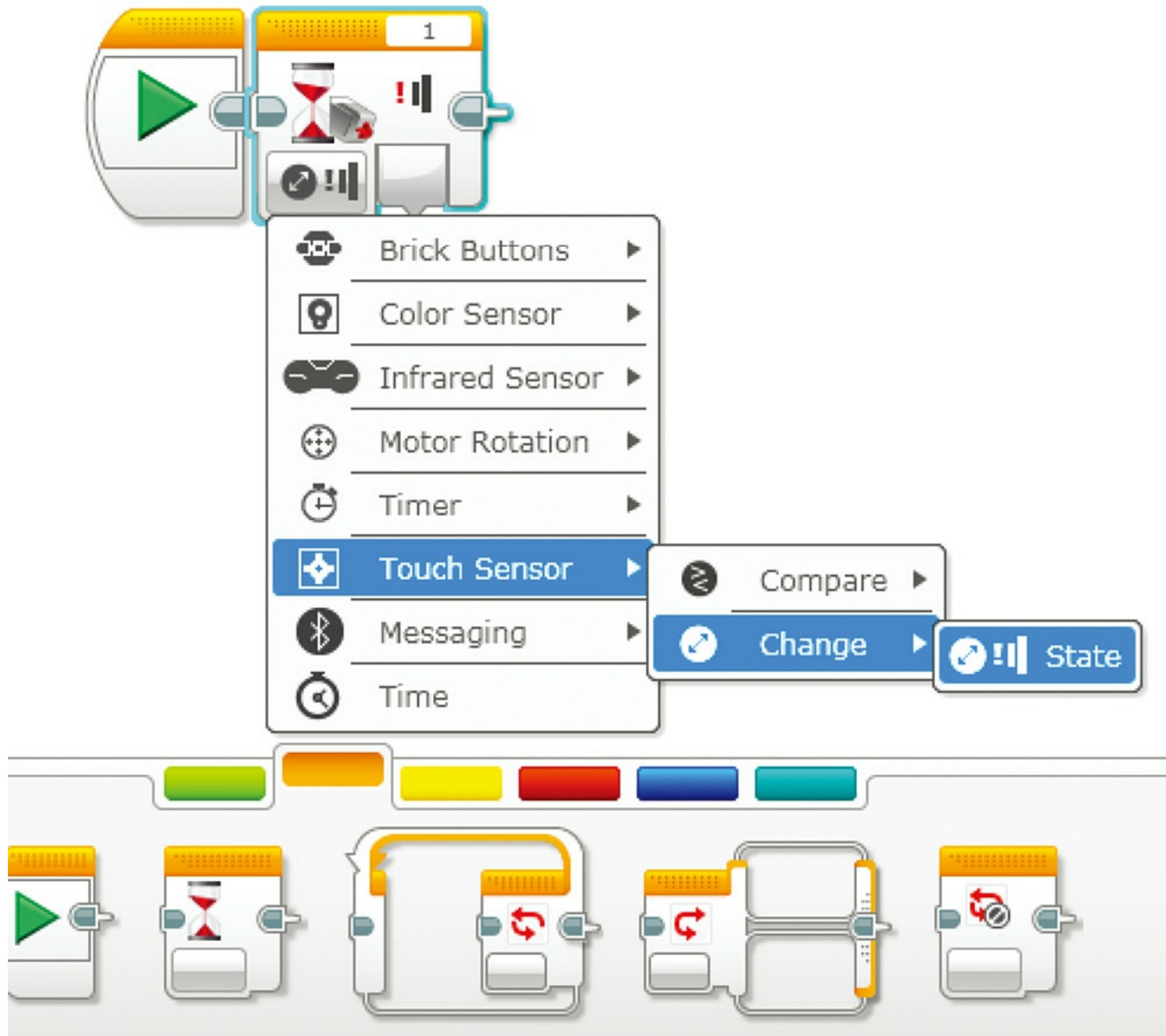


图9.2　修改等待模块的模式

就是这样了，等待模块的唯一功能就是在它允许程序运行到下一个模块之前等待什么东西改变。当前情况下，你设定了在触动传感器的状态更改时触发下一个动作。

> 注意
>
> 实际上触动传感器有3个状态：按下、松开、碰撞。碰撞的意思是触动传感器被按下又松开了。换句话说，触动传感器不会在你短暂按下按钮时意外触发两个事件，尽管它会检测到触碰已经发生了。红外传感器会检测到即将发生的碰撞。

9.1.2　增加避障程序

你已经为触动传感器写好了程序，下一步是增加避障程序。

1． 拖出一个切换模块到画布，放在等待模块的后面。

2． 更改模式到“红外传感器——比较——近程”，操作如图9.3所示。

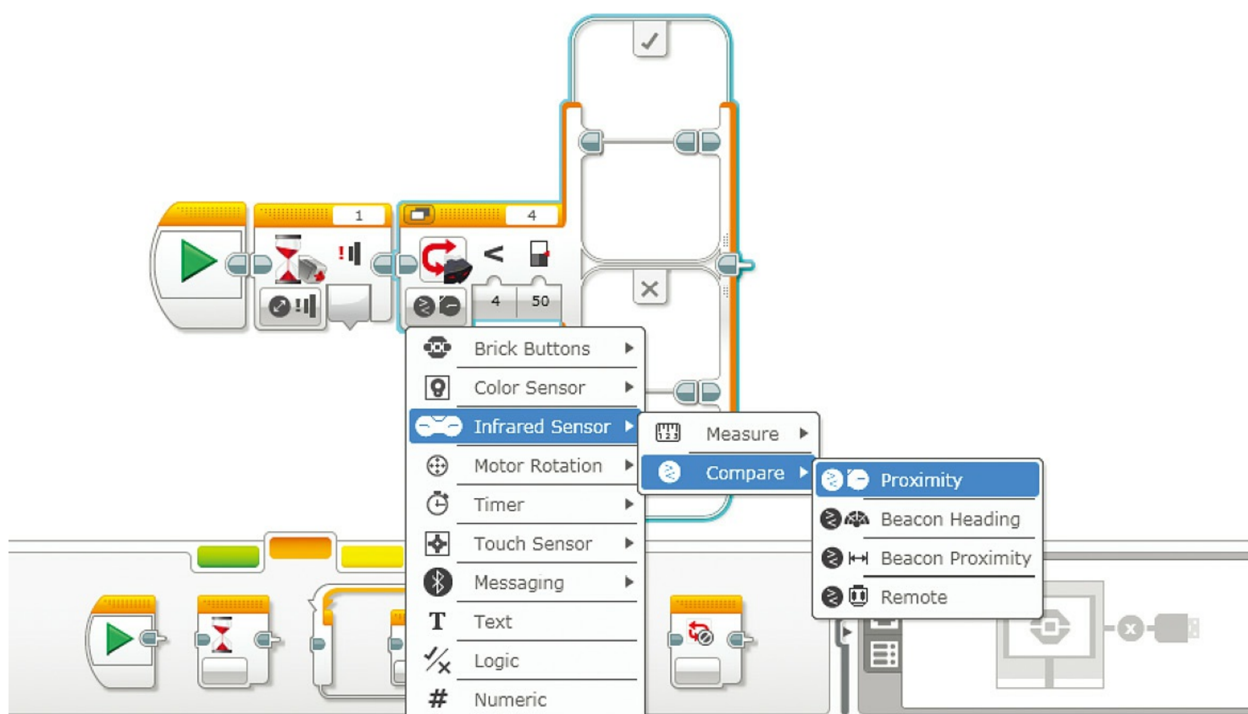


图9.3 更改切换模块的模式

3． 现在，更改切换模块的设置到“小于（<）5”，如图9.4所示。

在这个阶段中，红外传感器的近程模式尝试检测与物体的距离，阀值为0～100，其中100表示距离物体非常远， 0表示非常接近。它通过发出一个红外线信号并检测其返回到传感器的时间来测量距离，但这不是100%准确的。比如，反射面会使信号散射并对传感器造成干扰，由于这个原因，你要给传感器留下一点余地并指定阀值为小于5即可。而这个距离虽然离物体非常接近，但并不会碰到前面的物体。

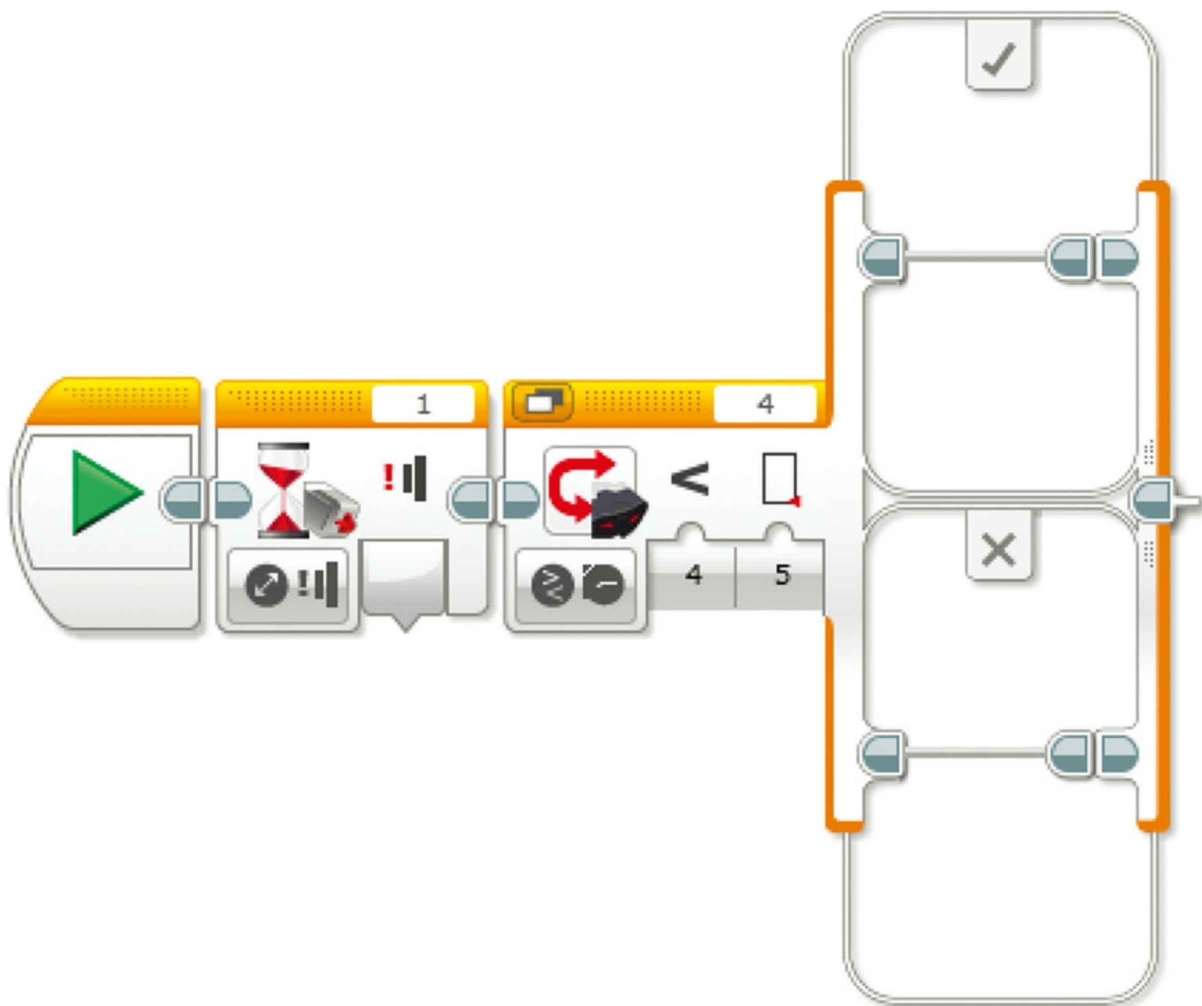


图9.4　更改切换模块的设置

现在你可以决定如何处理红外传感器传回的值是真或假了。

如果值为真（红外传感器检测到了一个临近物体），就让机器人转向；如果值为假，就让机器人直行。通过拖动移动转向模块到正确的地方，我们增加一些移动转向模块，并且给真值的模块一个转向为−56的阈值，将假值的模块转向阈值设为0（如图9.5所示）。

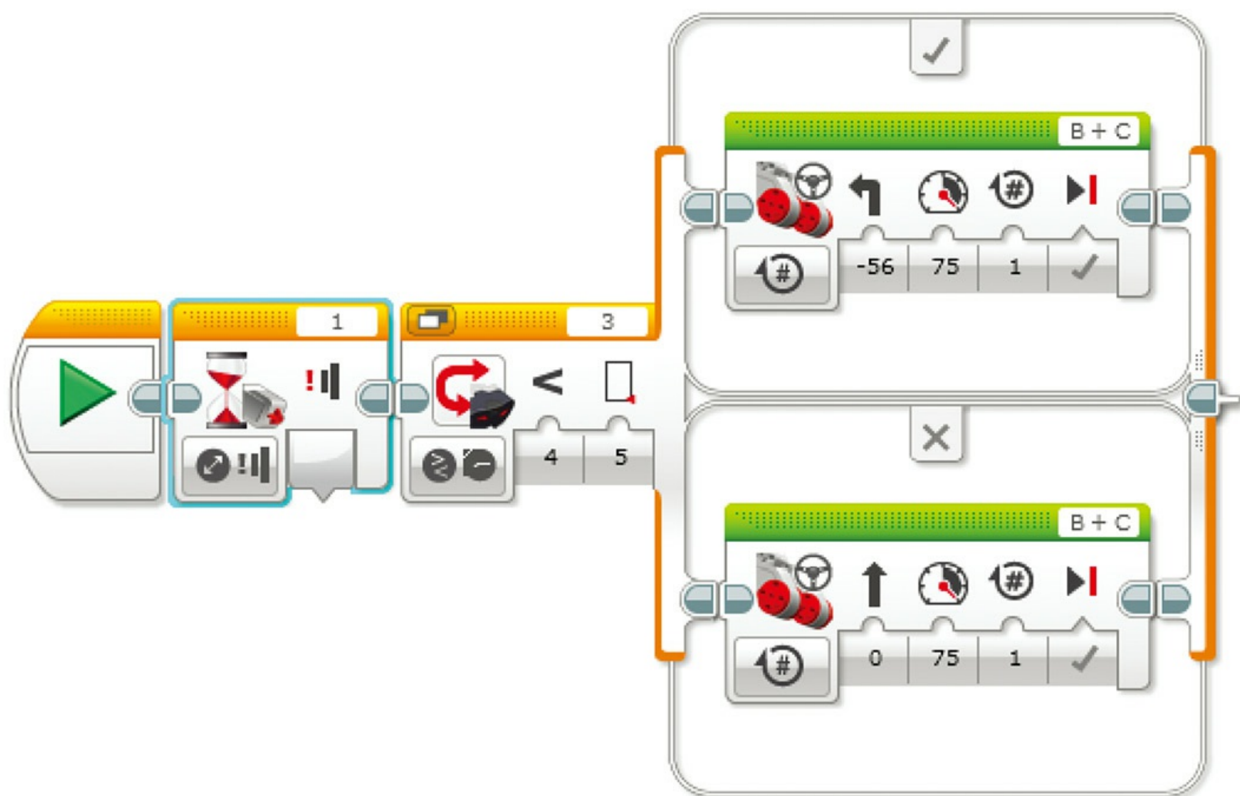


图9.5　将值为真的切换模块的转向阀值设为-56

现在你设置的这个切换模块动作只会发生一次，但是因为你需要它每时每刻都保持运行，所以请将切换模块放到一个循环模块中，如图9.6所示。

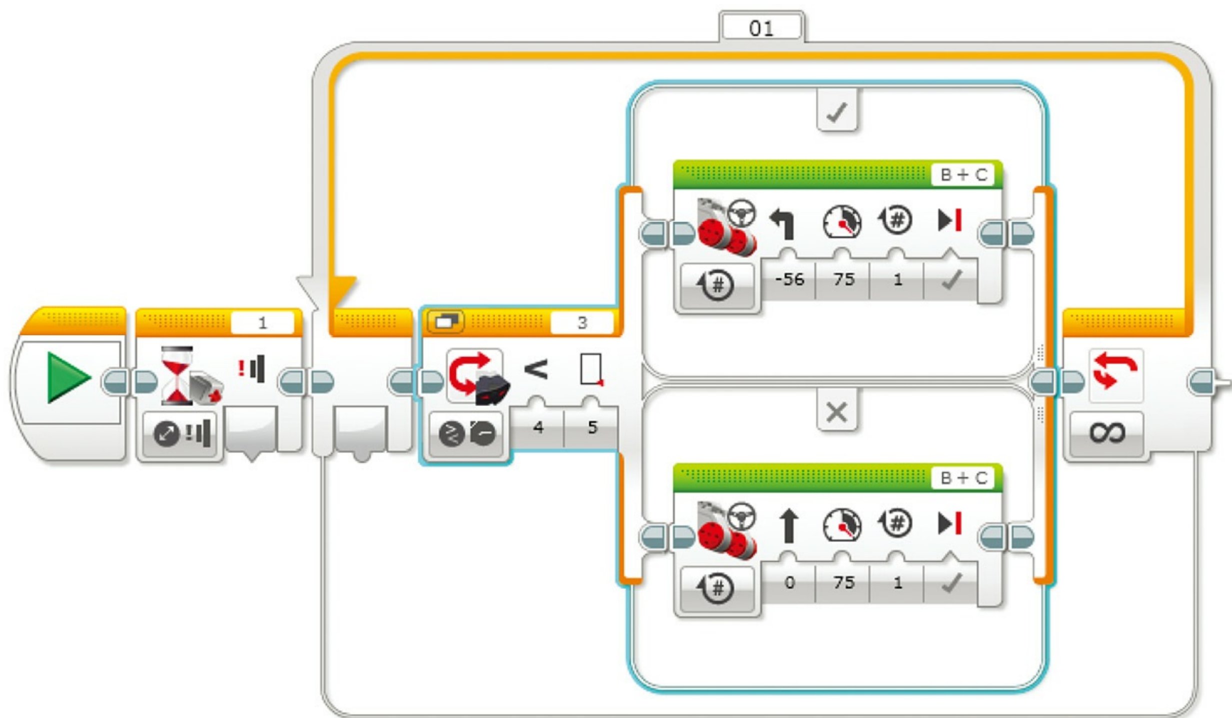


图9.6　现在切换模块在循环中，但等待模块不在其中

9.1.3　测试自己的机器人

继续在你的EV3上运行程序来调试它，记得使用触动传感器的按钮来启动小车。

它工作吗？这是一个脑筋急转弯。如果你完全按照本章所述制作机器人，那么什么都不会发生。这就对了——机器人不会往前、转向或做任何别的动作。

为什么？如果你仔细观察就会发现，程序在运行到第一个等待模块时停了下来。等待模块的端口设置成了1，而触动传感器实际上连接到了端口2。所以，在你继续之前，请保证等待模块和切换模块设置到了正确的端口。如图9.7所示，电机端口已经正确地设置为了B和C。

作为一个程序员，你必须时刻密切注意这些细节。轻视小细节，将会使机器人的行为产生很大的变化。这是一个特别容易犯的错误！

现在你遇到问题了，但这是一个让你增加一些可跟踪bug的程序的好机会。让我们用屏幕的显示内容表示机器人是否在直行或转向。这样

你可以知道红外传感器是否按照你希望的方式工作。具体操作详见以下步骤。

1．增加显示模块到切换模块的每一个切换框里。

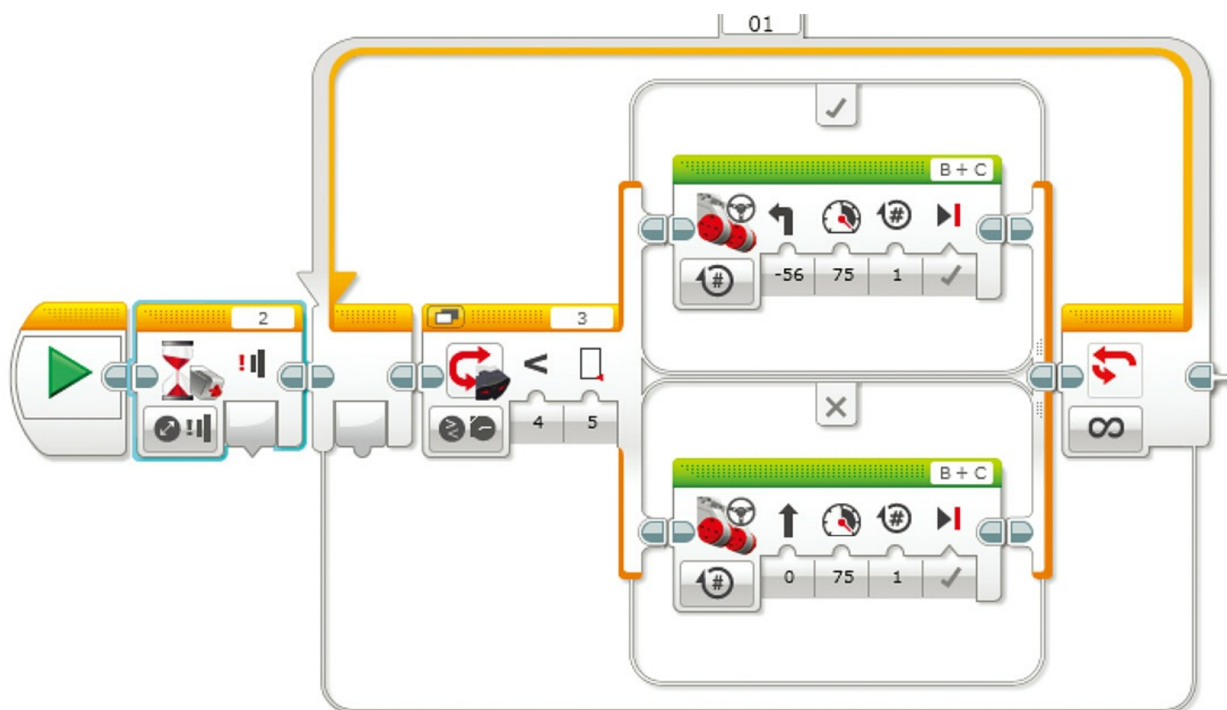


图9.7　时刻检查你的传感器和电机端口

2．修改假值（没有检测到靠近物体）到“Big smile”图像。

3．更改真值（接近一个物体）到“sick”图像，你可以在图9.8中看到这个动作。

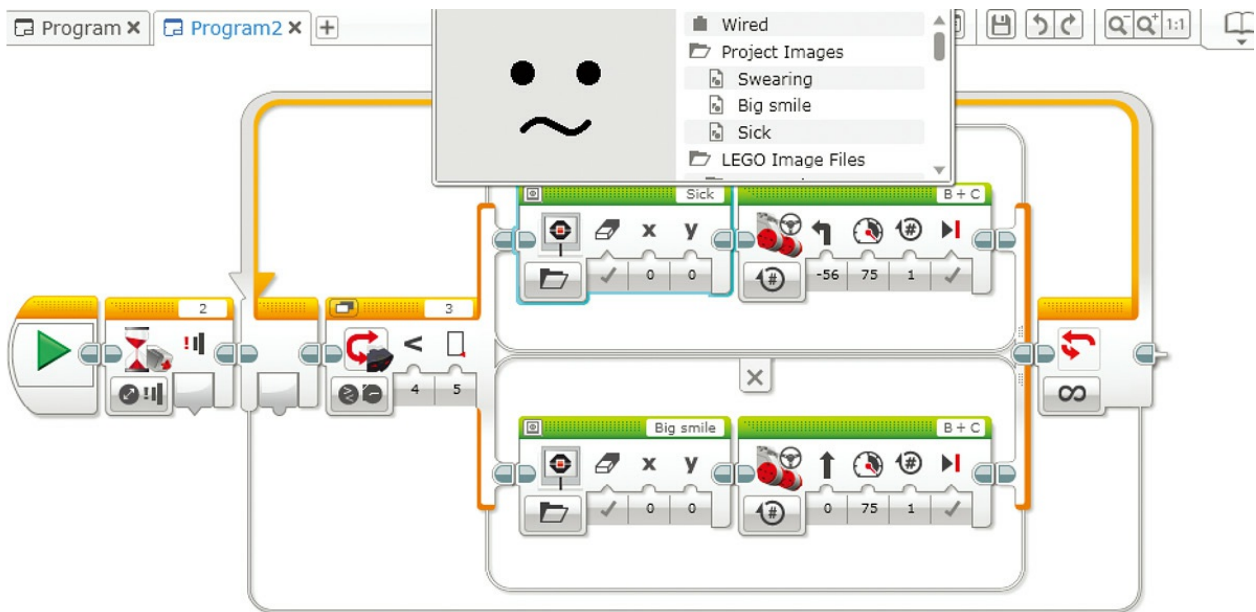


图9.8　增加显示模块到你的程序来除错

提示

改变屏幕显示或添加报警，不仅会使你的程序看起来更加完美，同时也会对你有所帮助，你可以为程序除错并验证它是否按照设计工作。

现在，通过继续运行EV3来测试你的程序。如果它如设计的那样工作，它就会等待你按下触动传感器才开始直行，当发现有临近物体时就会转向。

9.1.4　在角落导航

你可能注意到机器人有时候最终卡在了角落，这是因为红外传感器导航时对边角的处理有些棘手，转向并不能总是使机器人离开障碍物。

要解决这个问题，需要让机器人在每次转向时都退后一点。我们可以增加另一个移动转向模块到“真值”，并修改电机功率到−53（如图9.9所示）。这使得机器人在每次转向之前后退一点，这样应该能防止机器人卡在最角落的位置。

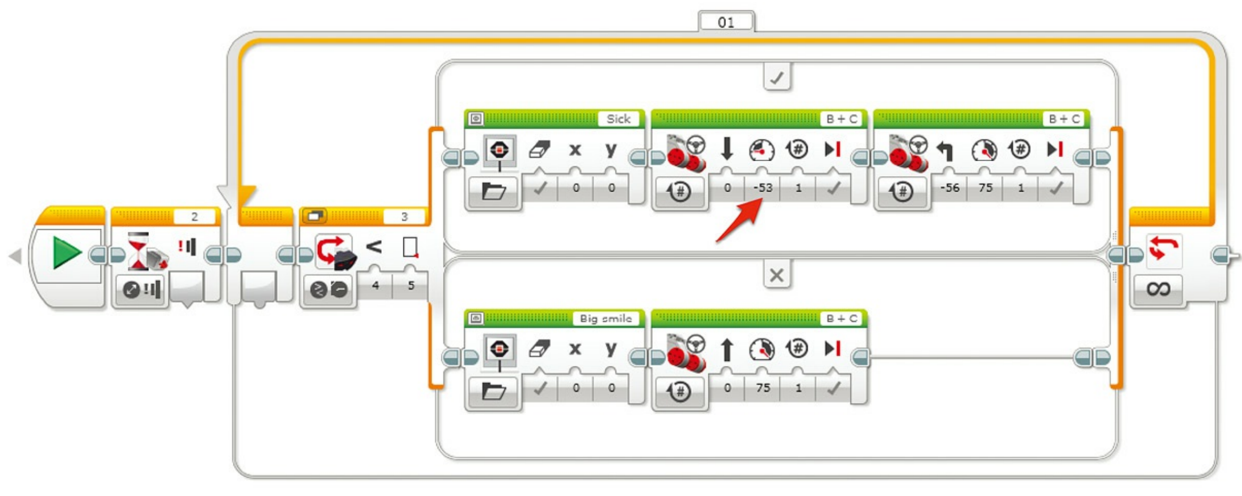


图9.9　增加另一个移动转向模块来使机器人后退

9.1.5　增加一点随机性

且慢——难道扫地机器人就只是走直线或者转向吗？如果你想让这个扫地机器人快速移动，就需要加入一些随机性。幸运的是，编程调色板中就提供了你需要的这些功能。

1．增加一个随机模块到切换模块的值为“假”的一端，如图9.10所示。

2．随机模块可以生成一个数字或者一个逻辑值（真或假）。现在，你需要一个数字。选择一个在−50～50之间的数值。如果你不喜欢这些结果，那么你可以在以后优化它。

3．设置随机模块的输入为−50～50之间的数值。

4．使用一根数据线将随机模块的输出连接到移动转向模块的转向输入。

好了，现在测试你的机器人。它应该向一个随机方向移动，但是仍然会在遇到一个物体时后退并转向。你可以更进一步，让机器人在遇到物体时也向随机方向移动，具体操作步骤如下。

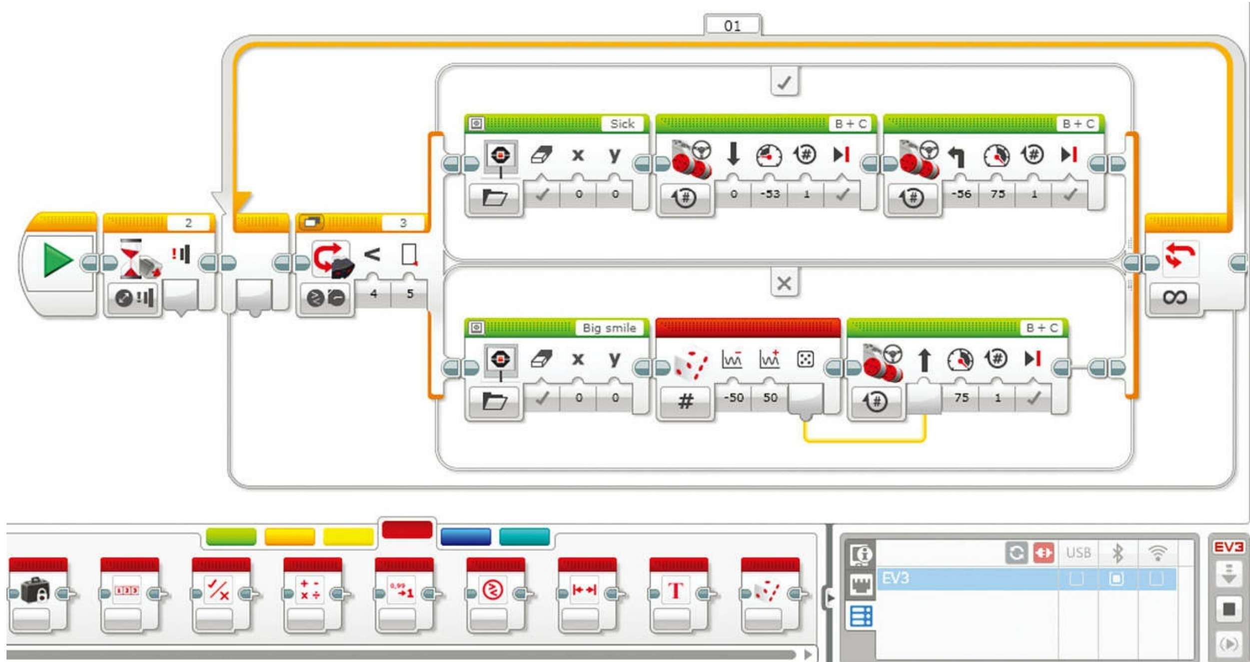


图9.10　随机模块看起来像一个六面骰子

1．增加另一个随机模块到切换模块的值为“真”的切换框里。将它放在机器人倒退的移动转向模块之后、正向转向模块之前，如图9.11所示。

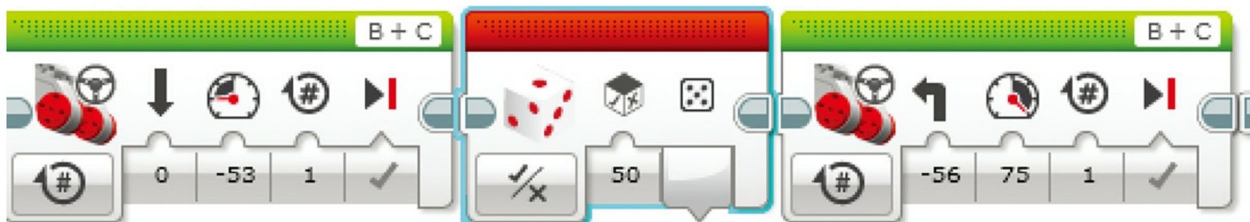


图9.11　插入另一个随机模块

2．现在，设置随机模块的模式到“逻辑”。注意输入变成写着“50”等内容。这是关于为真概率的设置，是或否都会有50%的机会发生。默认设置适用于现在的情况，所以可以不做修改。

3．现在你需要知道，处理输出的最简单的方法是将另一个切换模块放到随机模块的后面。

4．改变切换模块的模式为逻辑模式。

5． 使用一根数据线将随机模块的输出连接到切换模块的输入（如图9.12所示）。

这样做可以让切换模块随机选择。现在你可以拖曳移动转向模块到一边，并将一个转向相反方向的移动转向模块放到另一边。最后的程序应该看上去类似如图9.13所示的样子。

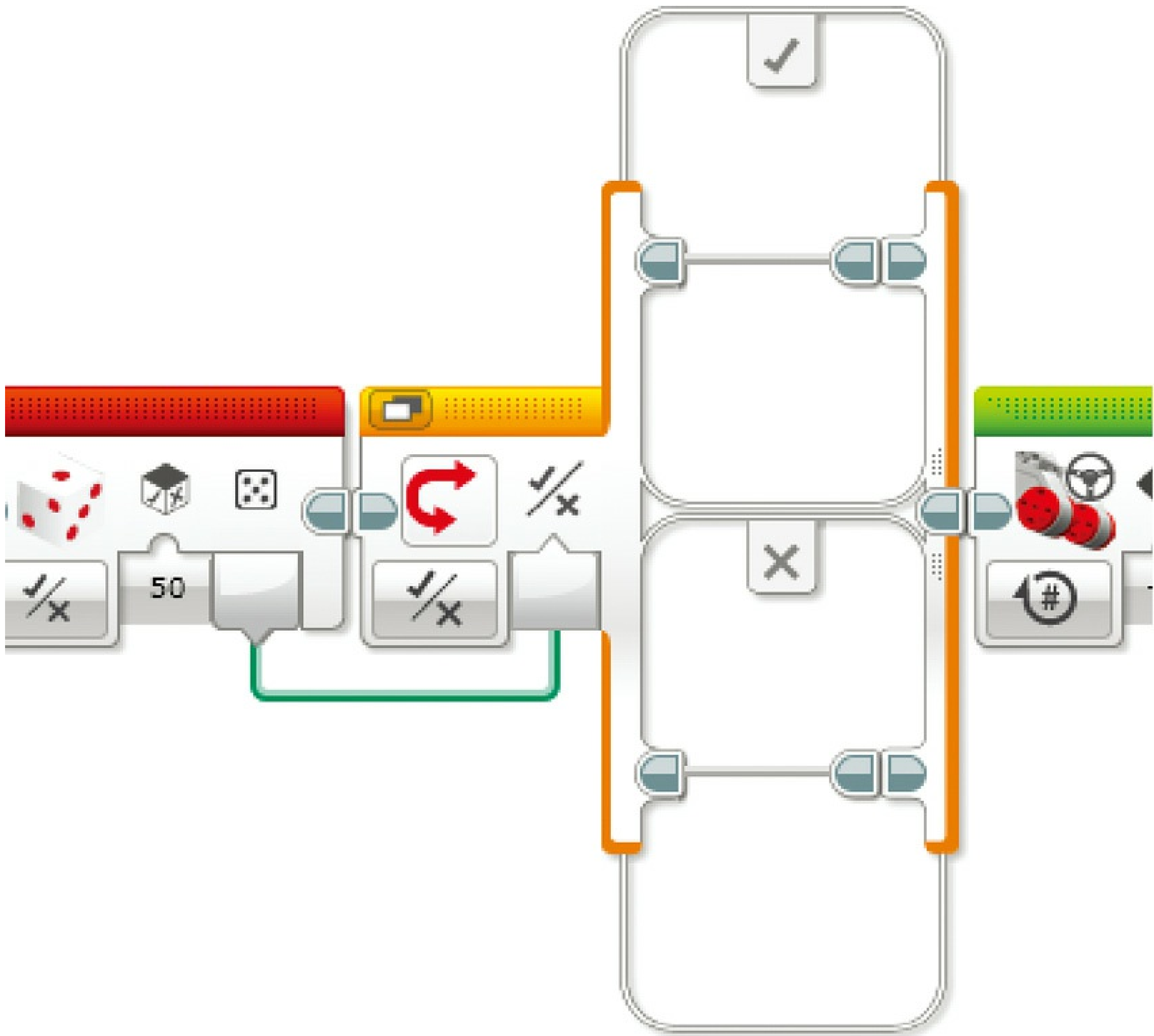


图9.12　随机模块现在控制着切换模块

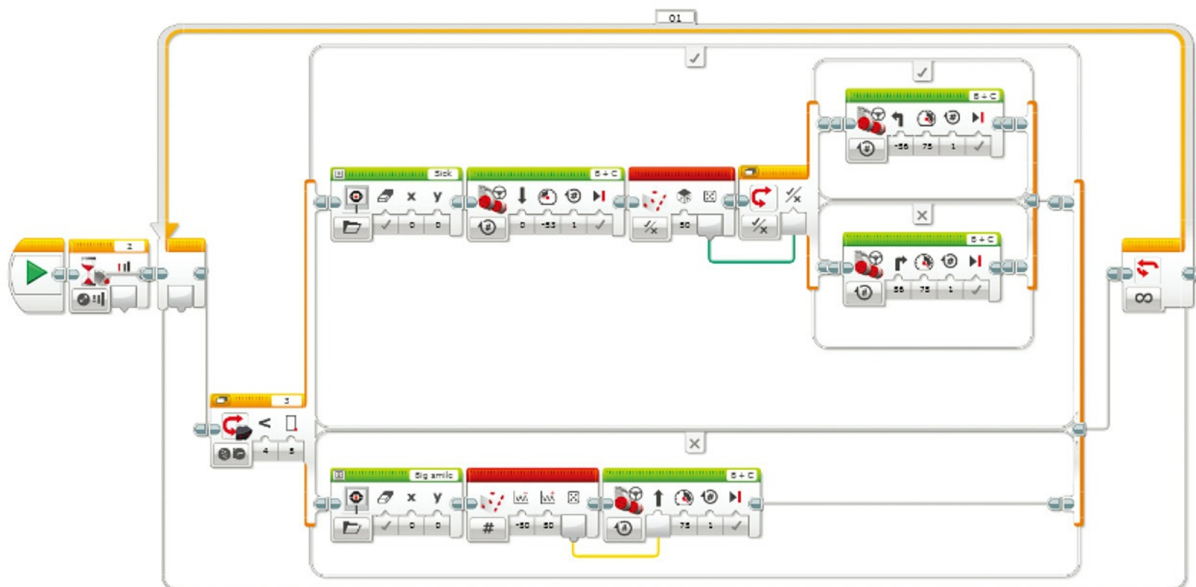


图9.13　最终的避障程序

9.1.6　使用教育版的超声波传感器

如果你拥有的是LEGO EV3教育版，那么你一定没有红外传感器。别担心，教育版的这个程序和家庭版非常相像，区别只是前者使用了超声波传感器。你可以把它当作声呐使用，实际上超声波传感器在检测物体或墙壁的距离时更加准确。它会发出一个非常高频率的声波（高于人耳可以听见的范围），并测量它用了多长时间弹回来。这类似于红外传感器使用红外光那样，但是声波被证明是测量物体之间距离的最准确方法。

如果你使用EV3家庭版并单独购买了超声波传感器，你也可以使用它。先从LEGO的http://www.lego.com/zh-cn/MINDSTORMS/downloads上下载超声波传感器模块（在页面中部），并按以下指导操作。

1．来到EV3家庭版软件并在菜单中选择“工具——模块导入”，如图9.14所示。

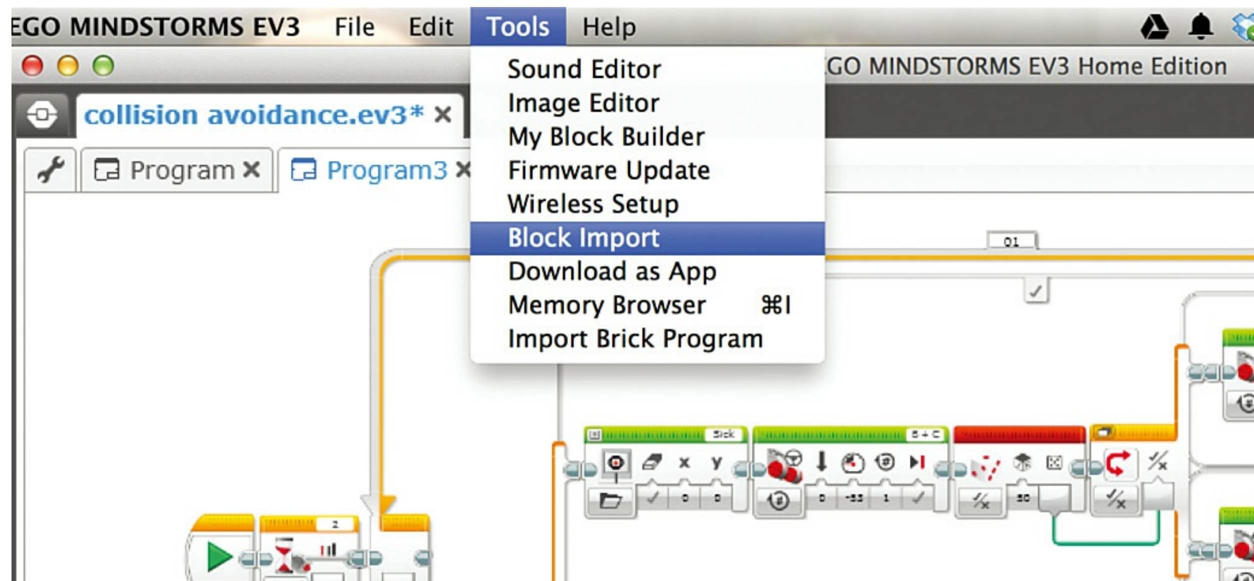


图9.14　模块导入允许你安装未默认安装的模块

2．如果它没有被默认选中，会出现一个窗口让你浏览（如图9.15所示）。找到Ultrasonic.ev3b模块，然后单击“导入”。

Block Import and Export

Import | Manage

Load From: /Users/marziah/Google Drive/LEGO Book/Chapter

Browse

Select Blocks to Import

Name	Version
Ultrasonic.ev3b	1.0

Status: Idle

Import Close

图9.15 浏览并选择你下载的模块，单击“导入”（你下载的路径可能与图中不同，请选择你实际下载的位置）

3. 此时会出现警告，告诉你必须重新启动软件来使更改生效。按照指示操作，重启后你就会在调色板看到新模块，如同它一直存在一样（如图9.16所示）。

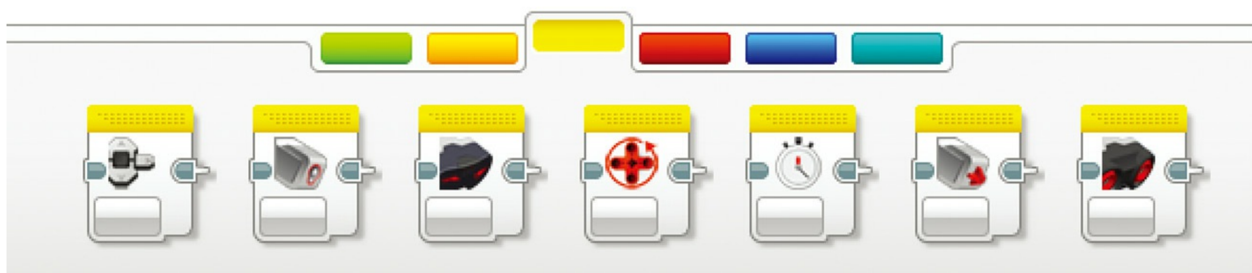


图9.16　你现在已经有了超声波传感器模块

现在你需要访问超声波传感器的方法，你只要在程序中做一点小修改即可。在最开始的切换模块，将传感器从红外线改为超声波。此时你会注意到它提供了不同的选择，如图9.17所示。

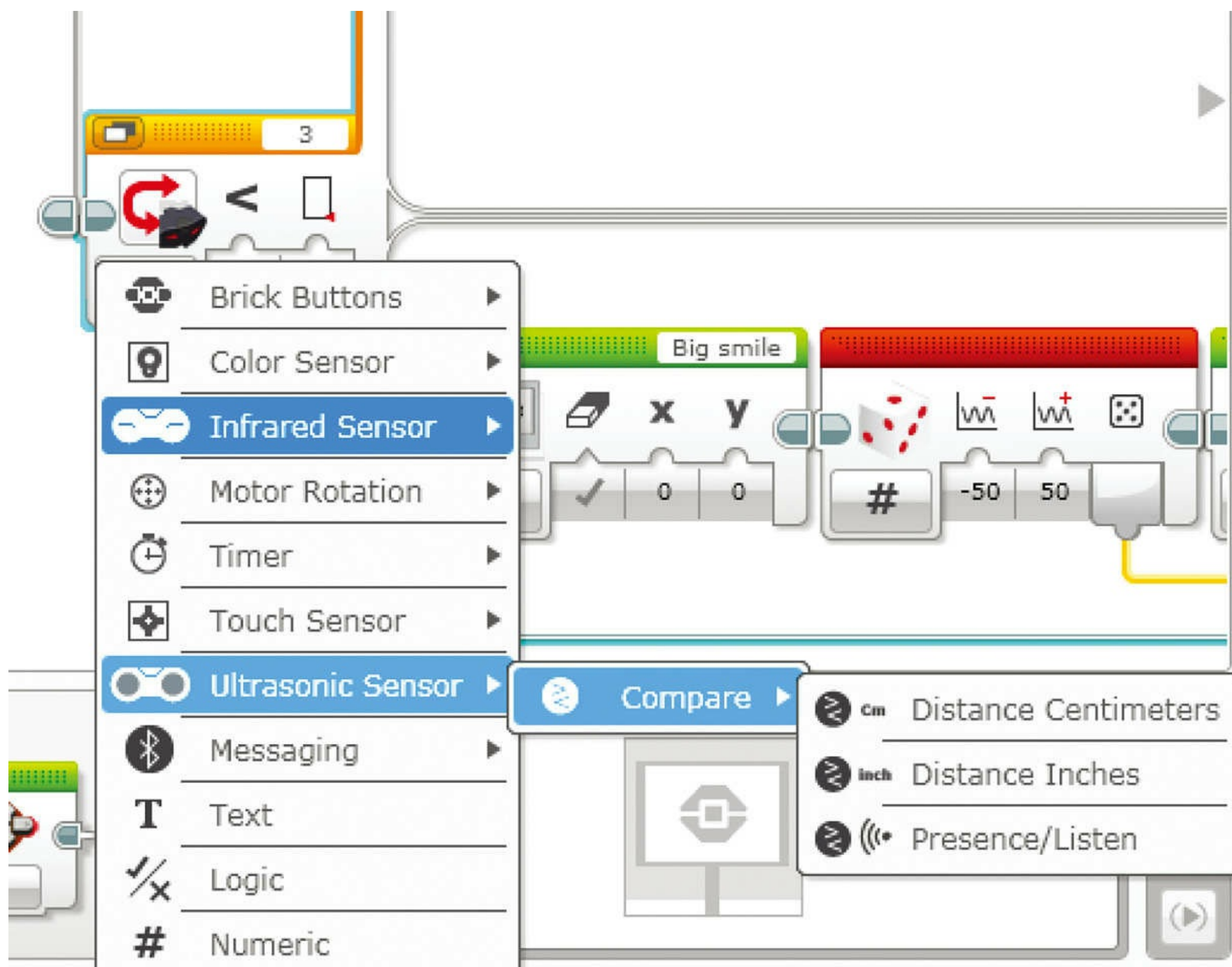


图9.17　这里有超声波传感器选项

比起一个在0～100之间的距离值，超声波传感器能够给你以英寸或厘米为单位的具体数字。选择“厘米”，并将输入从5调节到2。现在你的机器人可以靠近墙壁但不触碰它，并且超声波传感器使这种情况更容易产生。

遗憾的是，超声波传感器没有红外传感器的遥控功能，它会在接下来的程序中用到。但是好消息是，你的自动导航机器人会完成更好的避障工作，而不是仅仅依赖于红外传感器。

9.2　使用红外线遥控器控制机器人

现在你在自导航机器人中实现了（大部分）避障功能，是时候来操控一切了。让我们使用红外传感器远程红外信标来做一个遥控机器人。

首先，我们从近处观察一下远程红外信标和红外传感器，如图9.18所示。

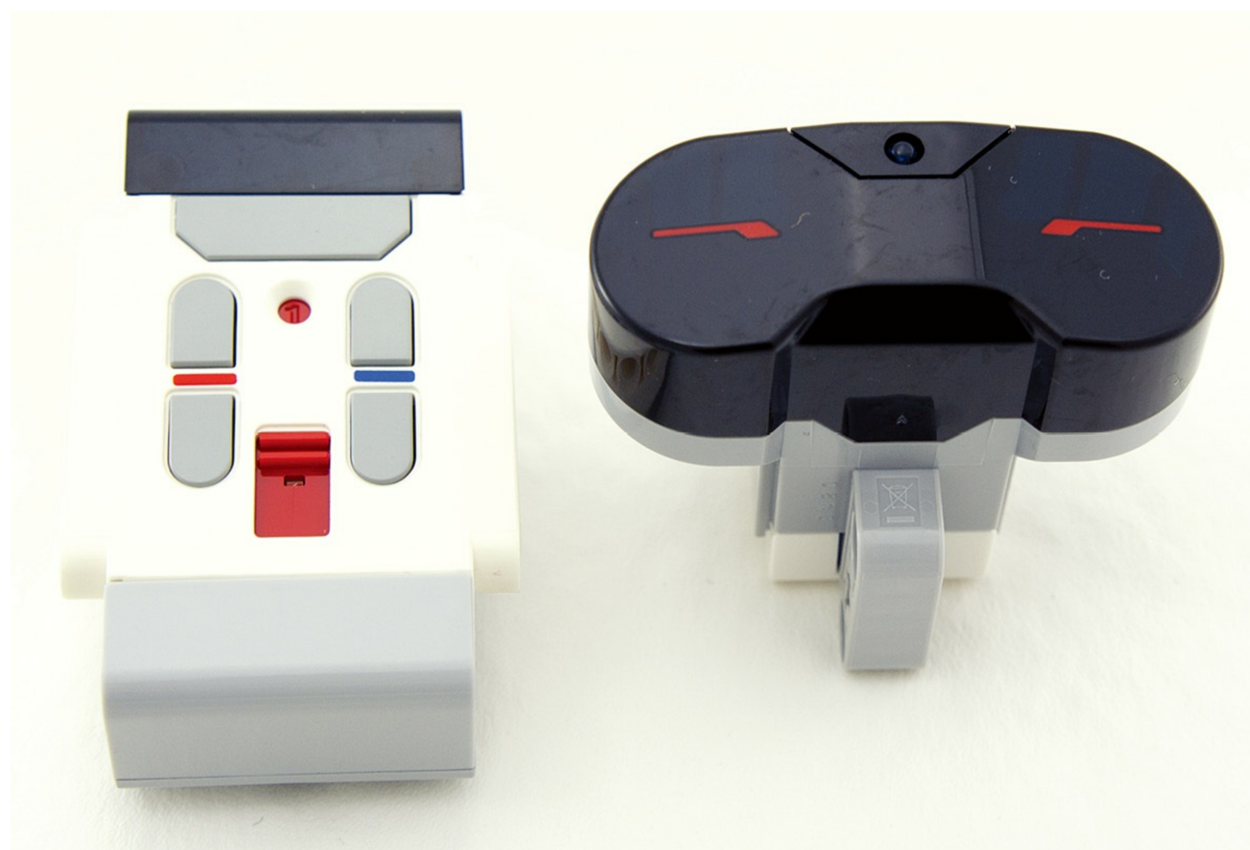


图9.18　使用远程红外信标/遥控器和红外传感器控制

信标或者叫遥控器类似很多电视遥控器的工作方式。它将红外线信号发送到红外传感器，当连接到EV3传感器端口时，该传感器可以发送一个红外线信号进行交流，可用使用程序触发命令。

遥控器有5个按钮，但实际上按钮总共有12种可能的状态，包括没有按钮按下，一个按钮按下和任何两个较小按钮的组合（如图9.19所示）。

按钮的这些状态给你的编程提供了非常大的灵活性，但是这也意味着你需要仔细地分辨它们，以帮助你实现对机器人的远程控制。让我们使它保持简单向前、向左、向右和向后，图9.19所示为远程遥控器上的所有按钮。

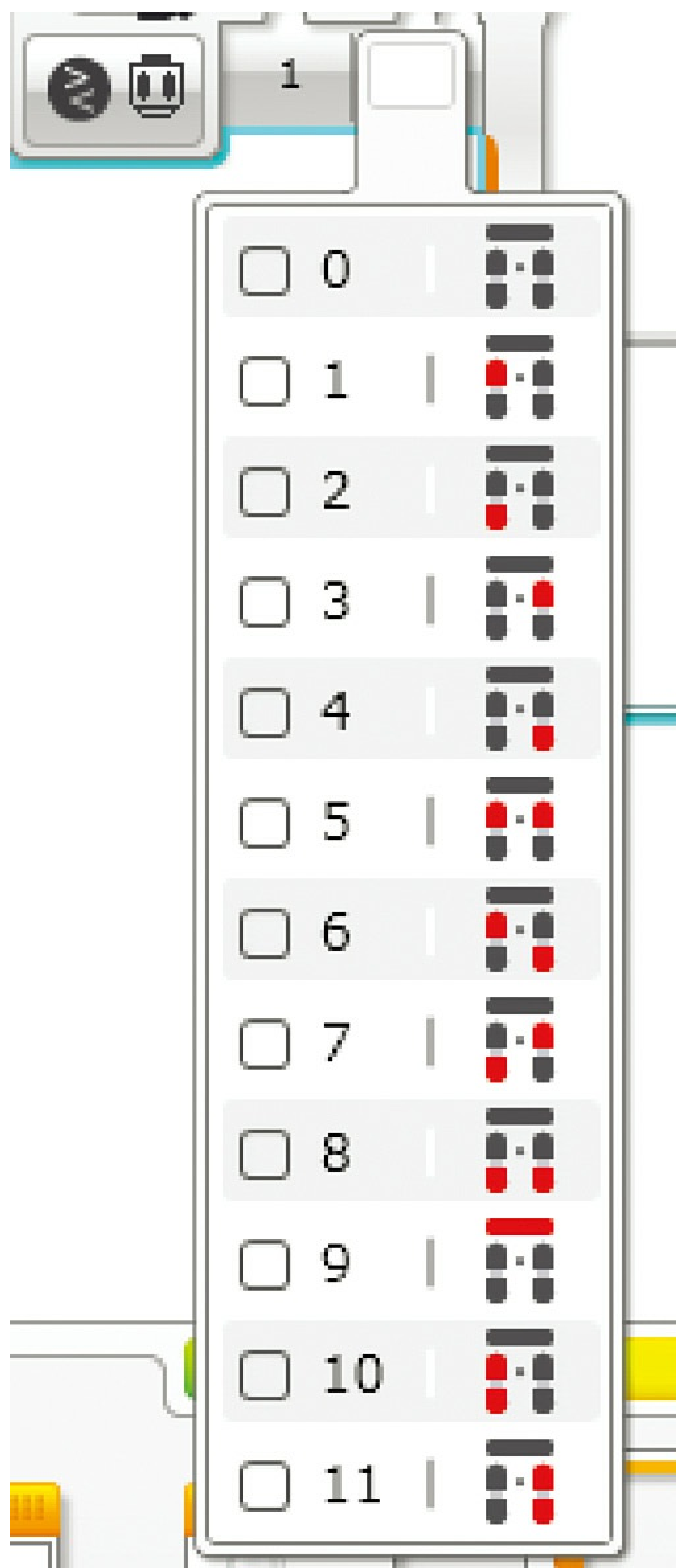

1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

图9.19　你可以看到遥控器上所有可能的状态

9.2.1　为遥控器编程

遥控程序的方法是为每一个按钮创建一系列的切换，并确定是否做出一个动作。这是LEGO用来为R3ptar和很多其他示例机器人建立遥控功能的方案（参见第4章）。

1．打开EV3家庭版软件并选择一个新项目。

2．拖曳一个切换模块到画布。

3．更改模式到“红外传感器——比较——远程”，如图9.20所示。

4．因为红外传感器连接到了3号接口，所以程序中的接口也要改为3。

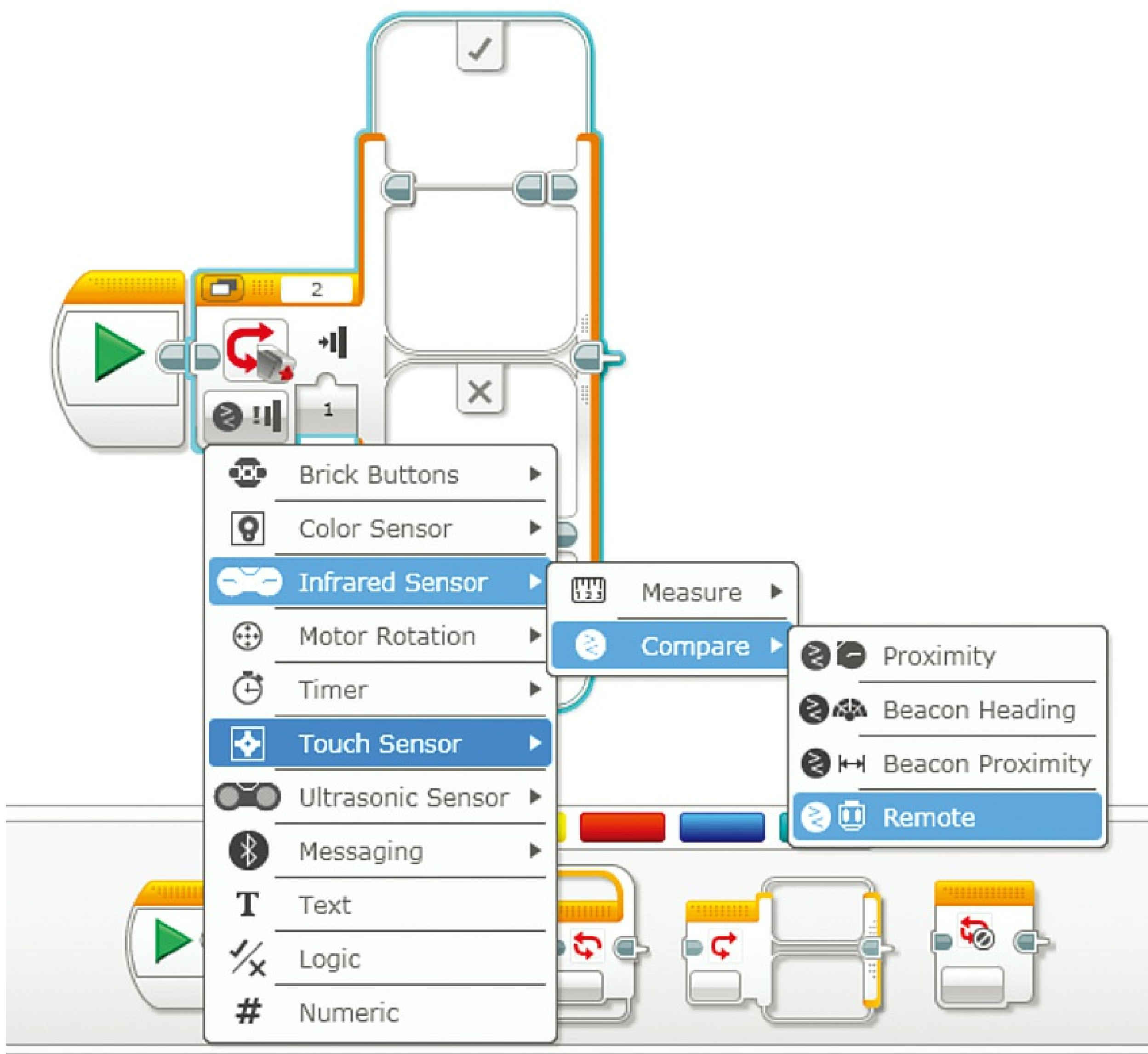


图9.20　设置切换模块的模式到远程模式

5．将切换模块的信号输入改为遥控器前面的按钮，也就是位置9，如图9.21所示。

注意

你可以同时检查多个远程按钮ID。如果这样做的话，任何被选中的复选项将成为进入“真”框的条件。

让我们为“真”框内添加行动。在这种情况下，切换模块将检测顶部按钮，这是向前的按钮，所以拖动一个移动方向模块到切换开关的“真”框内，如图9.22所示。

那么，在切换模块的“假”框内都放些什么呢？答案是，另一个切换模块。具体步骤如下所示。

图9.21　将切换模块的信号输入改为遥控器前面的按钮

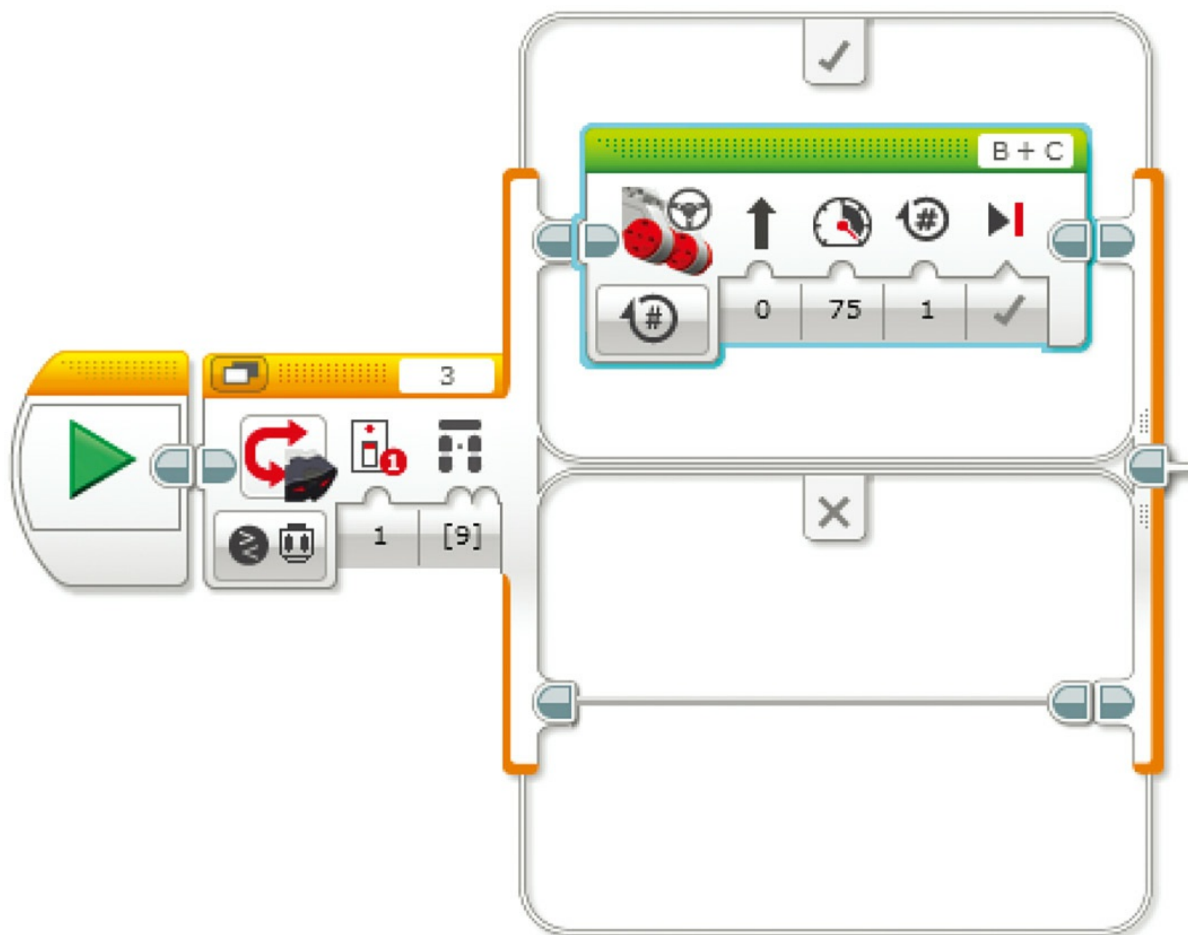


图9.22　到目前为止你的程序如图所示

1．拖曳一个新的切换模块到先前的切换模块的“假”框内，如图9.23所示。

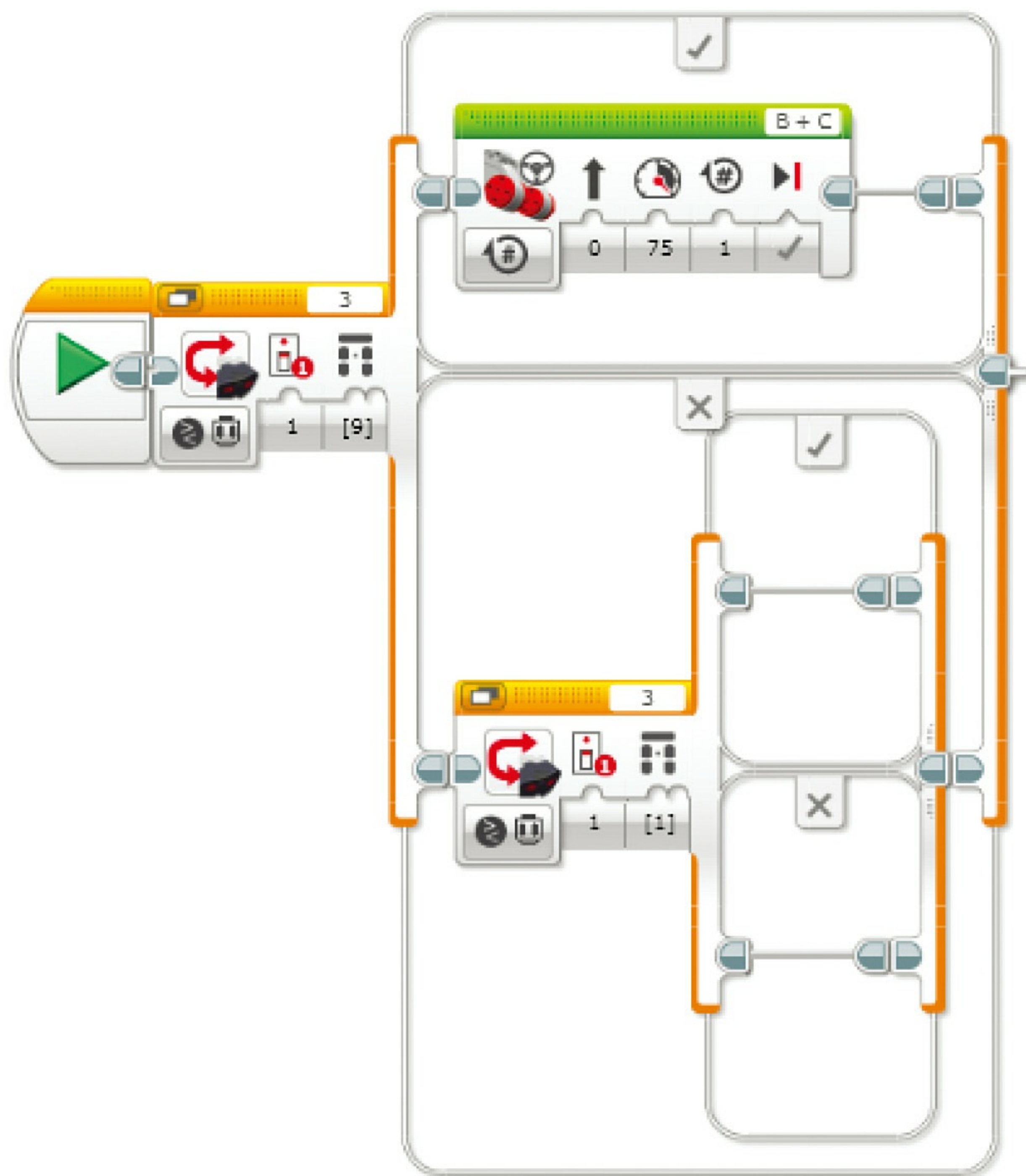


图9.23　这个切换模块被设置成可以响应遥控器左键进行动作

2．把设置调整到可以通过遥控器左键触发，输入模式选择1。

3．将一个移动转向模块放到“真”框内，并调整转向值让该模块可以使机器人左转。

4. 在“假”框内添加一个新的切换模块。

5. 按此方式继续套用，直到你有了4个切换模块可以通过4个不同的按钮动作来控制机器人的前、后、左、右4个方向的移动。

6. 把所有的东西拖曳到一个循环模块中。

最终，你的程序应该如图9.24所示的这样。

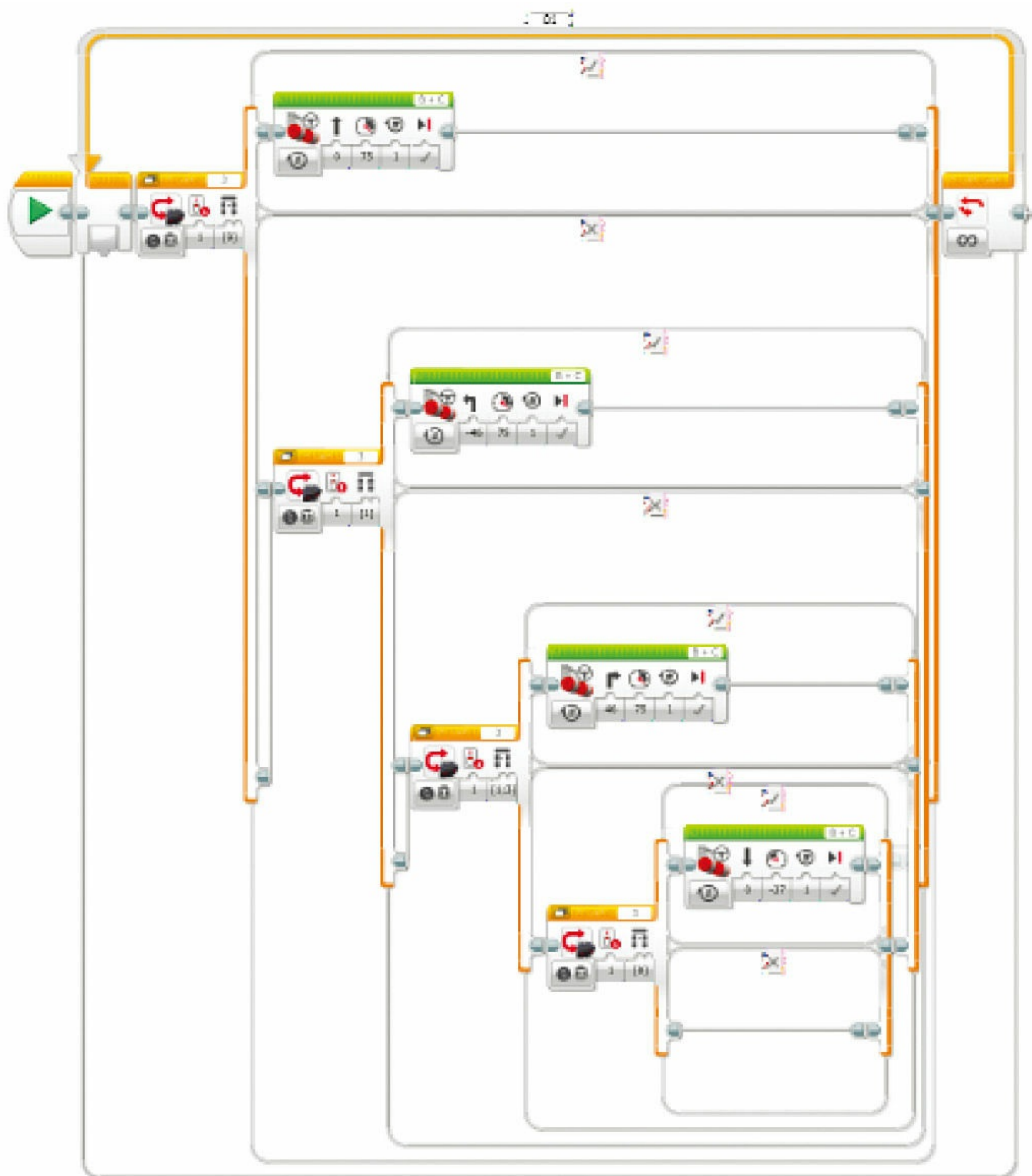


图9.24　这4个嵌套的切换模块可以响应遥控器的按键操作

放手去测试一下程序吧。应该没有问题。不过，其实还有一种更好的方法来让这个程序正常工作。别急，它就是：用一个多线程遥控程序。

9.2.2　创建多线程程序

EV3编程语言可以同时处理多个程序运行，只要它们不同时使用相同的资源。最简单的例子就是，你不能让一个电机同时既向前走又向后走。但是，让机器人识别你对遥控器上下左右按钮的同时操作是完全没问题的。

操作方式如下所示。

1. 在EV3家庭版软件中新建一个项目。

2. 拖曳一个循环模块到画布上。

3. 这个项目会使用4个不同的循环模块，而且它们看起来很相像。因此，为了避免混淆，请单击顶部的“1”，然后为这个模块键入一个新名字。我们给现在这个模块命名为“forward”（前进），如图9.25所示。

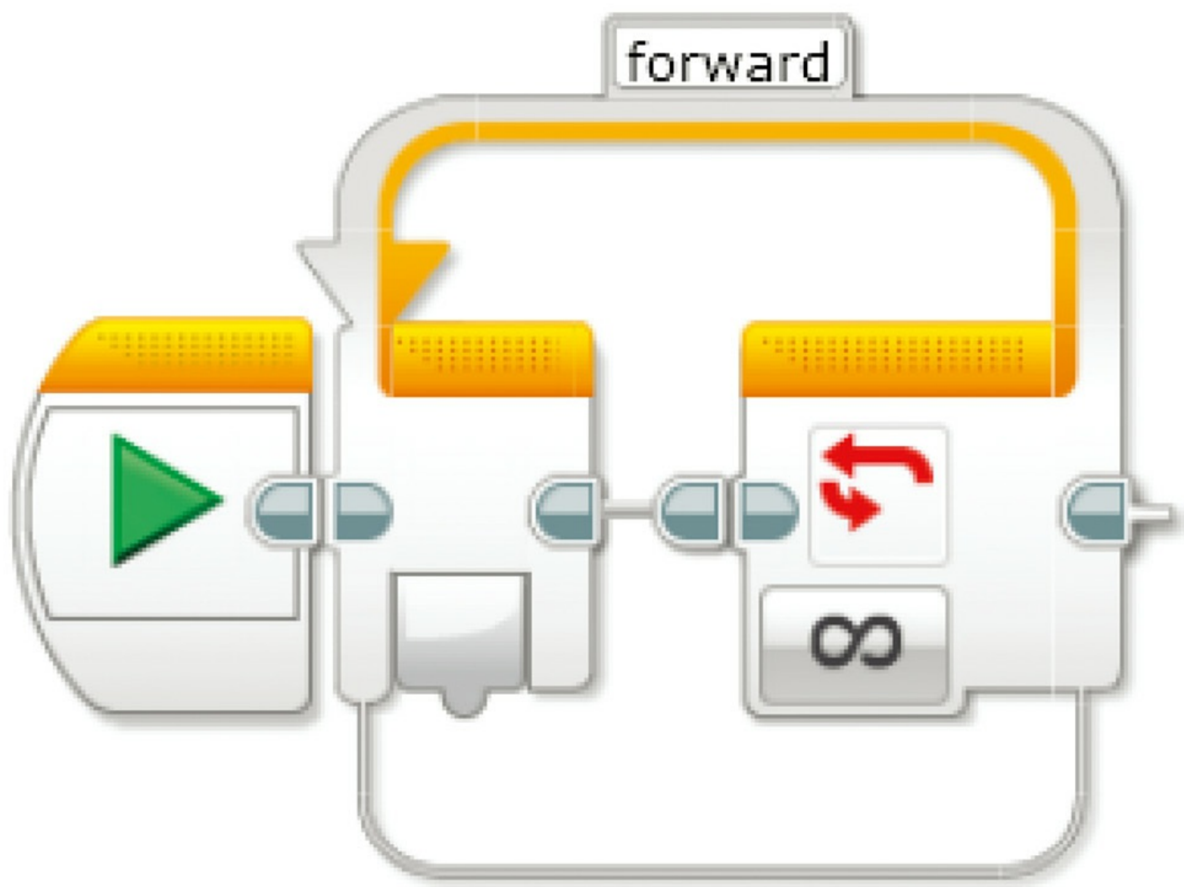


图9.25　重命名循环模块

4． 在循环模块中添加一个等待模块来检测你的遥控器按钮。

5． 改变等待模块的模式为“红外传感器——比较——远程”。

6． 将输入设置为顶部按钮9（如果必要的话，请调整你的端口设置）。

7． 拖曳一个移动转向模块到循环模块中，将其放在等待模块后面，你会得到一个与图9.26相似的程序模块。

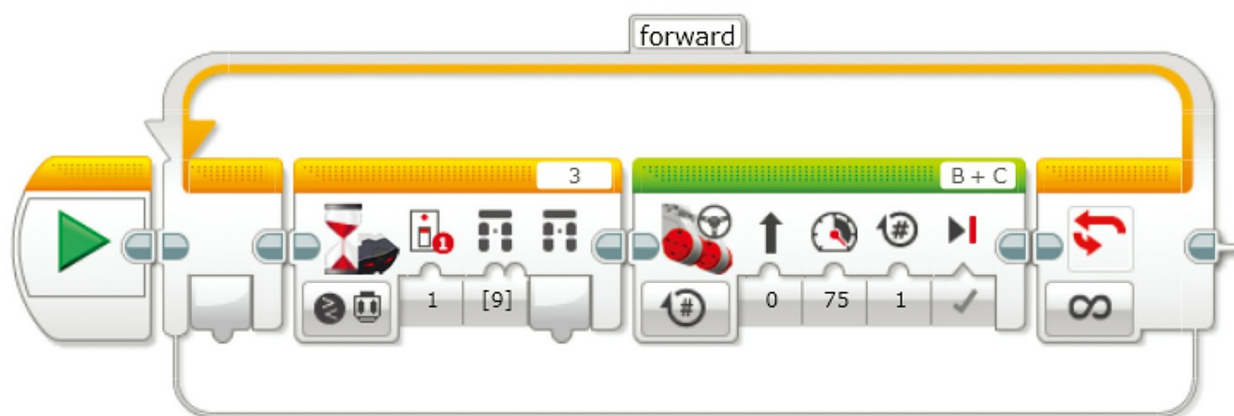


图9.26　完成后的前进循环模块

注意

这个程序超级简单，而且肯定能正常工作，你可以测试一下。当你按下遥控器上顶部的按钮时，它会让机器人向前行进。

8． 为了让这个程序变成一个多线程程序，需要拖曳另一个开始模块到画布上，如图9.27所示。

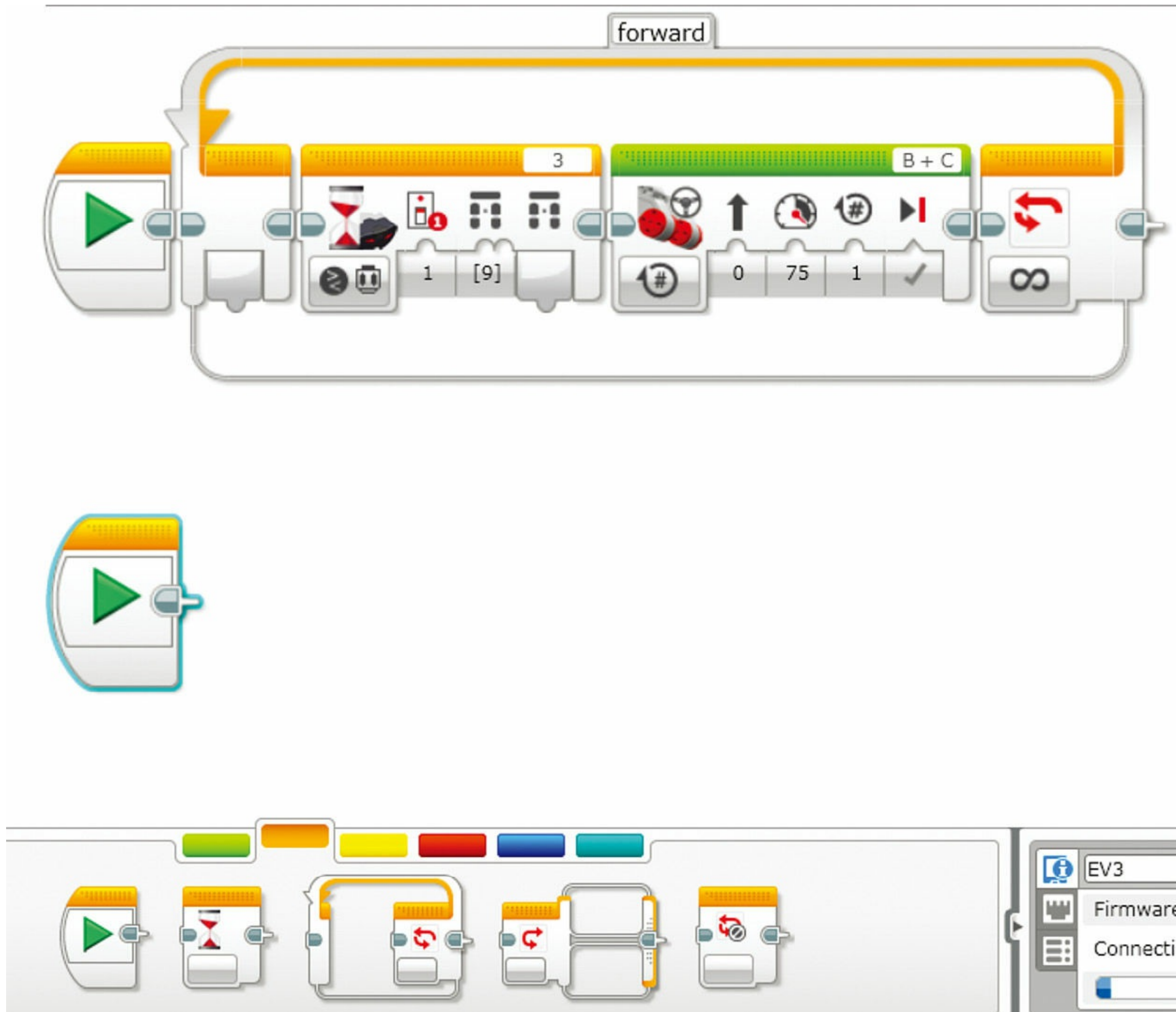


图9.27　将另一个开始模块拖曳到画布上

9．重复第一个程序模块的基本步骤，不过要给它命名为“left”（向左），然后修改等待模块和移动转向模块的转向值，让遥控器左上键被按下的时候机器人能够向左移动。当完成以上步骤之后，你应该能得到一个与图9.28相似的程序。

10．为程序增加向右和向后的线程，然后分别按功能命名它们，这样程序就完成了。你应该得到总共4个循环，如图9.29所示。

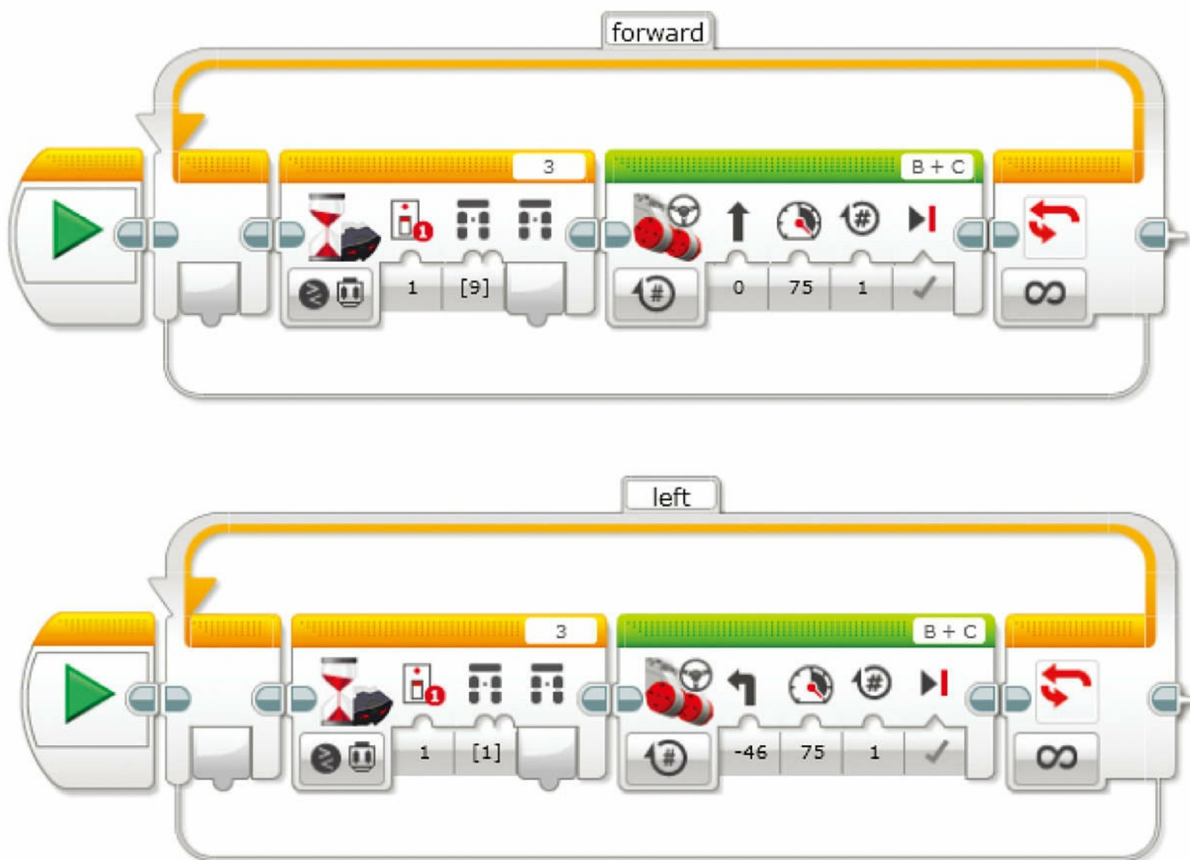


图9.28　两个带有不同等待模块的循环

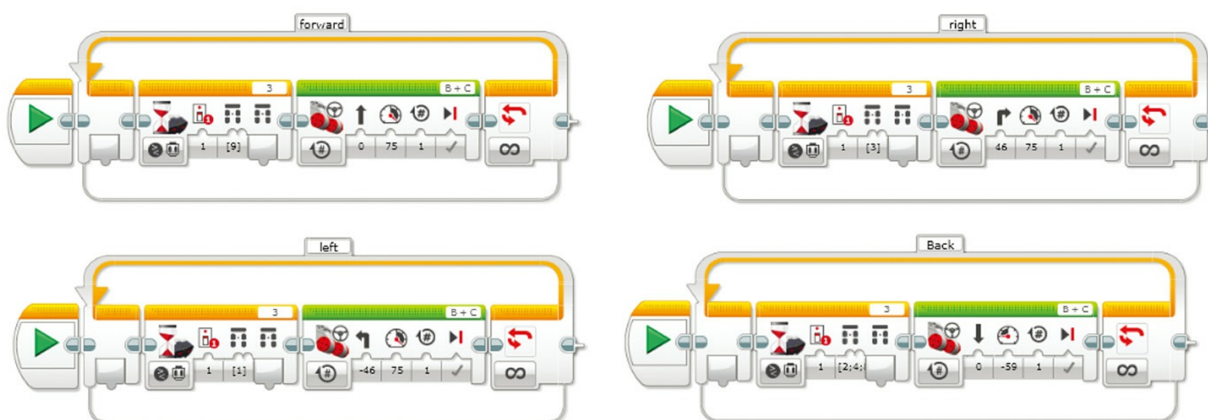


图9.29　你可以看到遥控程序中的所有4个线程

现在去测试一下你的程序吧。它应该和那个复杂的嵌套了好几个切换模块的版本一样，可以正常运行。

如果想让你的程序更完善，需要让遥控程序兼容一些常见的错误，从而让程序对使用者更加友好，提升用户体验。现在遥控程序要求你同时按下遥控器底部的两个按钮来实现机器人后退，即你并没有给单个的底部按钮安排功能，那么为什么不让遥控程序同时兼容单个按钮的命令呢？这样的话，即使有人力度不够没有同时按下两个按钮，机器人仍然可以按照使用者的意愿后退。

要添加这项修改，需要打开“Back”（向后）循环中的输入菜单。复选2号、4号和8号3个选项，如图9.30所示。你可以一次性把它们都选中，这样的话红外传感器就会对其中任意一种操作做出反应（而不是对所有的操作同时做出反应）。

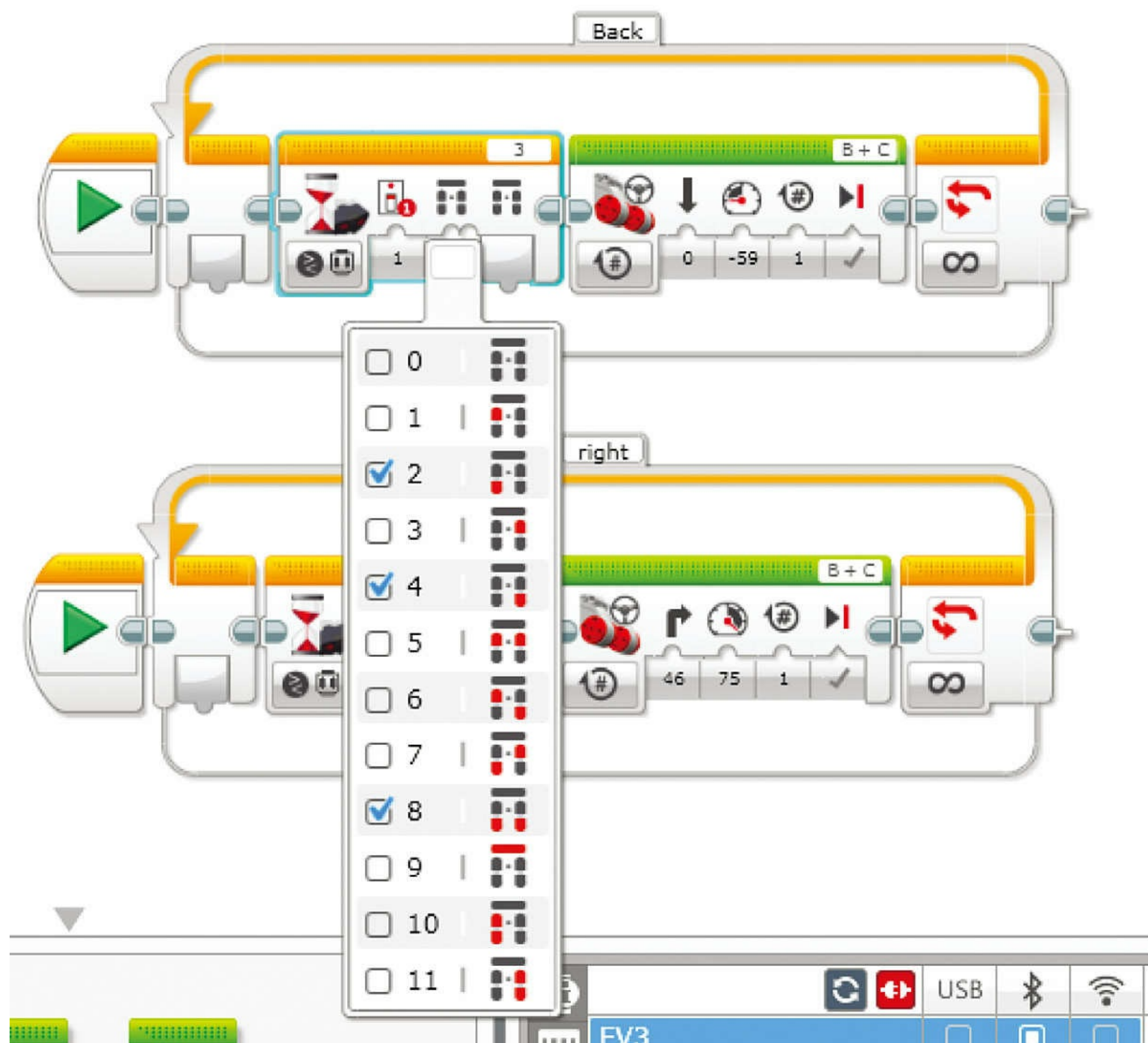


图9.30　为遥控器选择多个选项

9.3　增加清洁地板功能

此时你可以把所有的想法结合在一起，让机器人能够实现清洁硬质地板的功能。

你需要完成以下操作。

- EV3家庭版（你将要修改目前已经搭建好的机器人，所以请不要着急把它拆散）。
- 一个可替换的海绵拖把头（在Target或类似商店有售）。
- 你之前编写好的程序。

你可能需要修改机器人结构来实现与特定的海绵拖把头连接。我选择的是一个后面连着一块硬塑料的宽头化纤海绵拖把头。你也可以修改这个项目，让机器人可以跟窄一些的海绵、细纤维毛巾或者其他材质的拖把头组装在一起。重点是需要有一个微微潮湿的清洁布或者海绵能让机器人拖着它在硬地面上擦拭。

在EV3的搭建成品上加水可能会让你有点紧张，实际上你也确实需要小心，千万不要让智能砖泡水或者把水弄进各个端口。按理说，机器人拽着一个轻微湿润的抹布应该对EV3没有多大威胁。

如图9.31所示为一个完成后的地板清洁机器人，这就是你的目标。

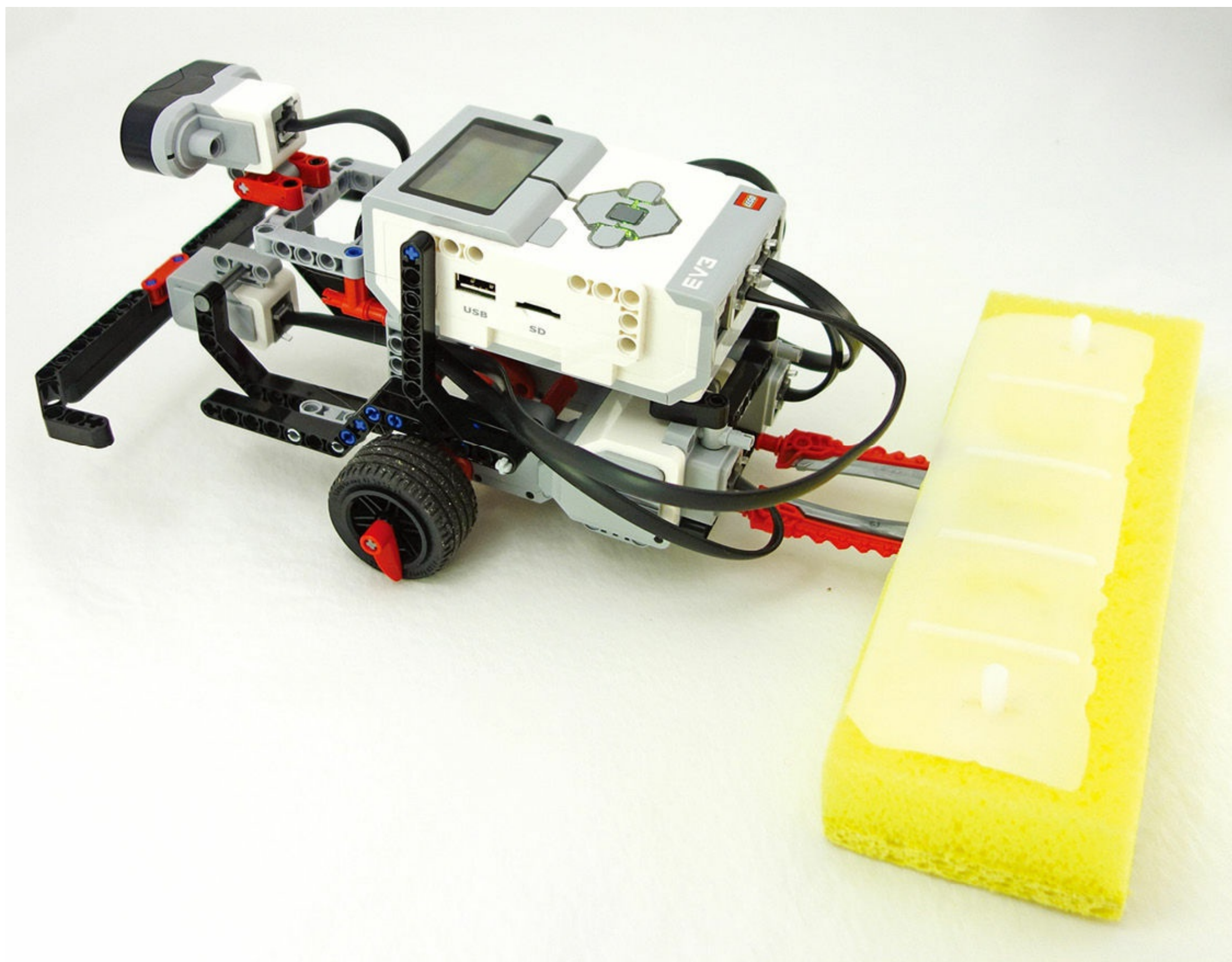


图9.31　这个机器人用了一个海绵抹布作为头部来帮你清洁地板

9.3.1　搭建拖把头的装配

既然我们已经看过了清洁地板机器人的解决方案，那么现在是时候了解一下到底如何从图9.1所示的状态变成图9.31所示的状态了。机器人只有两个轮子，所以我们需要给拖把头增加一点配重，以保证它在跟随机器人行进的时候与地面有良好的接触。机器人前部有一个由触动传感器制成的“保险杠”，而红外传感器的作用则是为了避免碰撞。现在请按照如下步骤来改装你的车辆吧。

1．将万向轮和支撑它的框架拆除。后万向轮在前几个机型中都给了车辆很好的支持，但是对这个项目来说，它会使拖把头无法得到足够的配重。

于是我们要用两个EV3 “宝剑”替代万向轮，将海绵拖把头和车辆其

他部分固定到一起。图9.32所示的基本部件有两个基础销、两个2M长的带十字插口的销、两把“宝剑”，以及一个9M长的梁。



图9.32　加装拖把头所需的基本部件

2．将黑色的销都插入大伺服电机的后面，如图9.33所示。

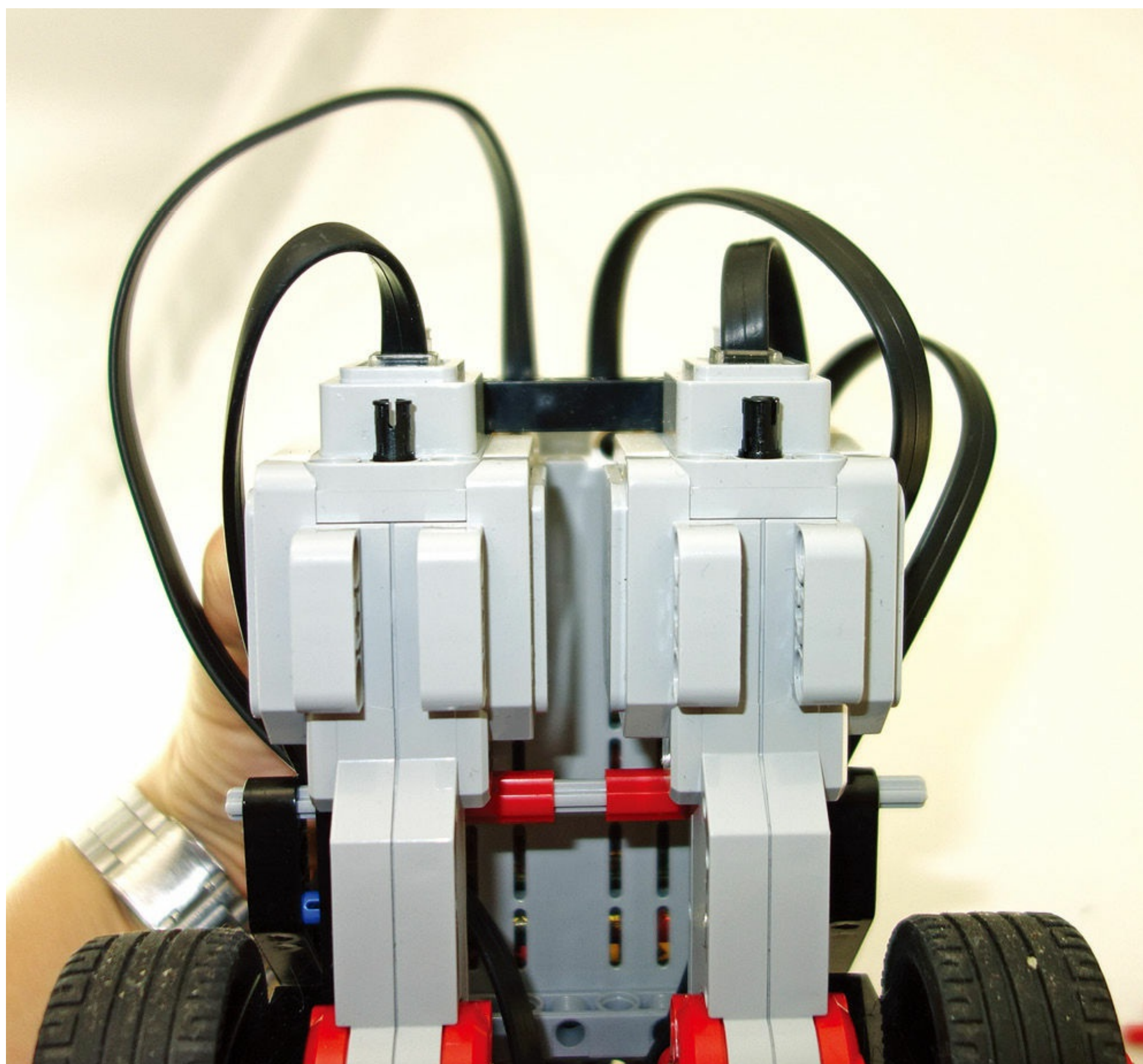


图9.33　把黑色的销插入伺服电机

3. 再用销连接9M长的梁，这一步给你的车辆后部增加了稳定性。

4. 把2M长带十字插口的销安装上（如图9.34所示）。

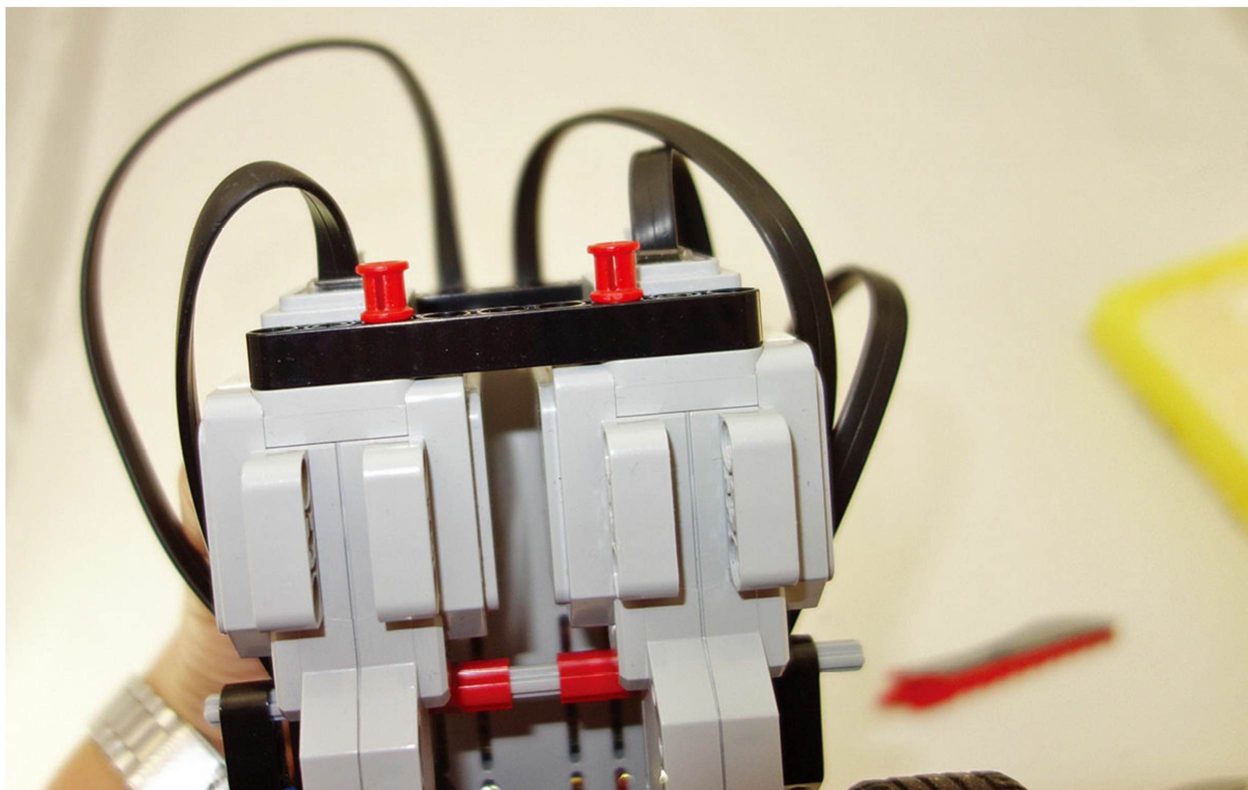


图9.34　注意2M长带十字插口的销是如何穿过梁并与伺服电机连接的

5．将“宝剑”安装到十字插口中，如图9.35所示。

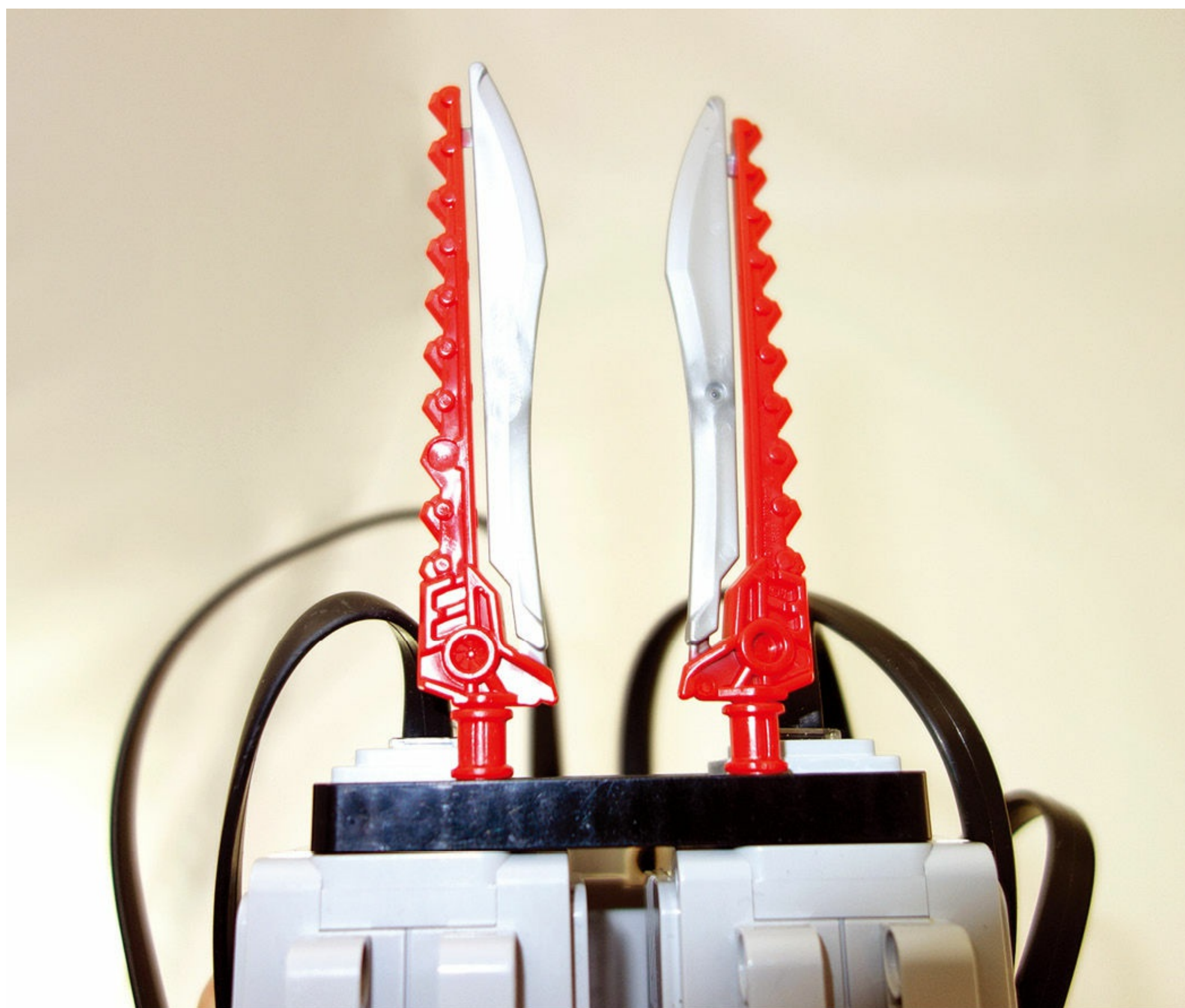


图9.35　注意红色边缘朝向外侧的安装方式

直接用“宝剑”插入海绵来固定是可以的，但是这样也很可能毁掉你的乐高零件。更安全的办法是，首先将海绵与“宝剑”对准，用一些力挤压，直到“宝剑”在海绵上留下印记。然后用剪刀在海绵印记部分剪开两个口，注意宽度要足够让乐高的“宝剑”深深插入海绵中。

9.3.2　调整传感器的装配

我们完成了机器人后部的改装，现在来看看前部。地板清洁机器人的前部使用了一种“双保险”方式来保证安全，一方面红外传感器用来躲避障碍避免碰撞，另一方面触动传感器作为“保险杠”以防碰撞发生，图9.36所示的是“保险杠”的装配。

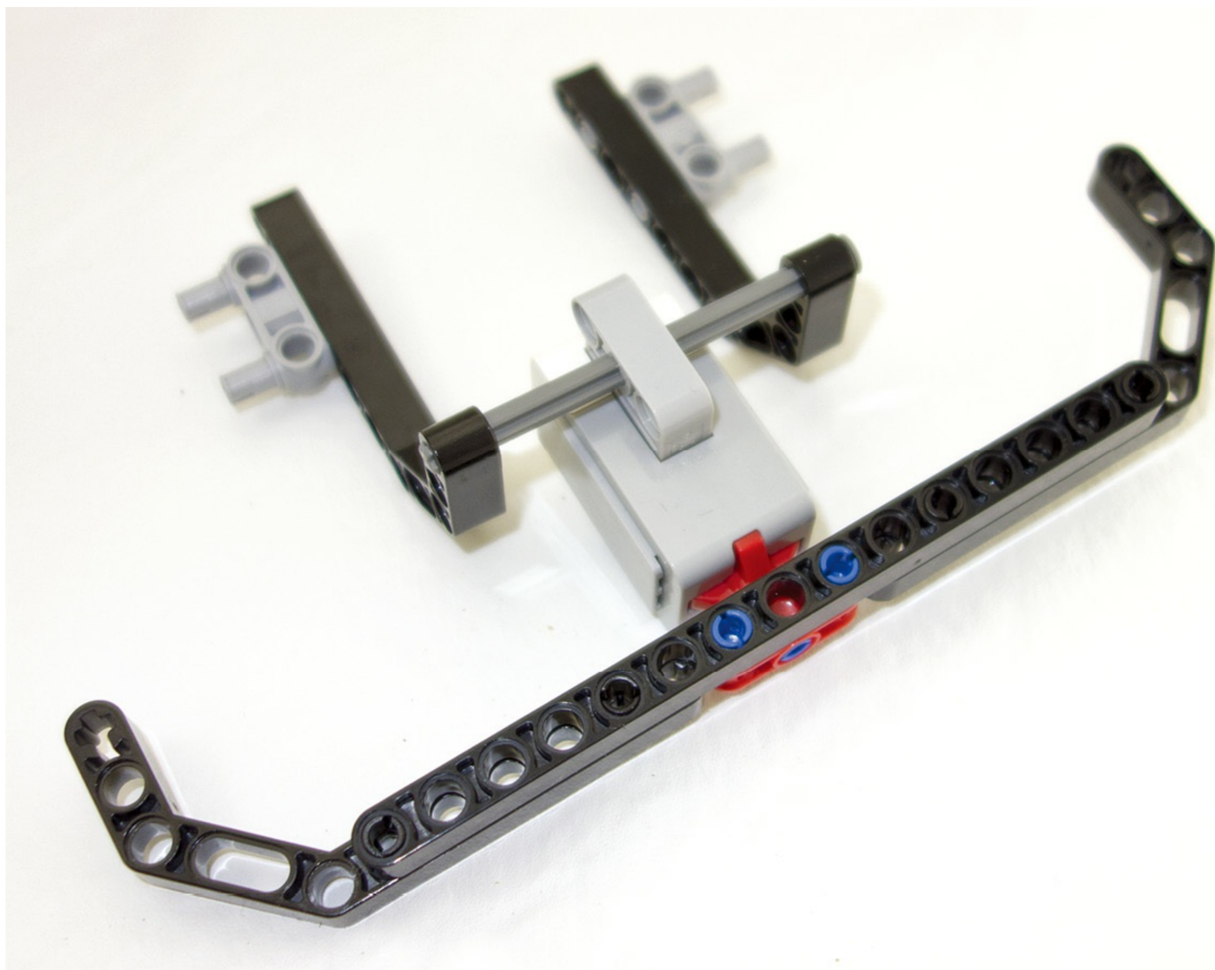


图9.36 “保险杠”的装配

请按照如下步骤来完成该装配。

1. 用4个黑色的销将两个双角度梁和一个15M长的直梁连接起来，保证中间位置有3个孔可用。

2. 用蓝色的轴销转换块连接固定红色的双十字交叉转换块。

3. 现在把注意力转回到车辆主体上，将两个双角度梁安装到车上已有的双角度梁内测，使用3M长的特殊灰色连接块。

4. 使用一个轴将触动传感器固定到双角度梁中间，这是“保险杠”的核心。

5. 用一个蓝色的轴销转换块将“保险杠”和触动传感器连接在一

起，如图9.37所示。

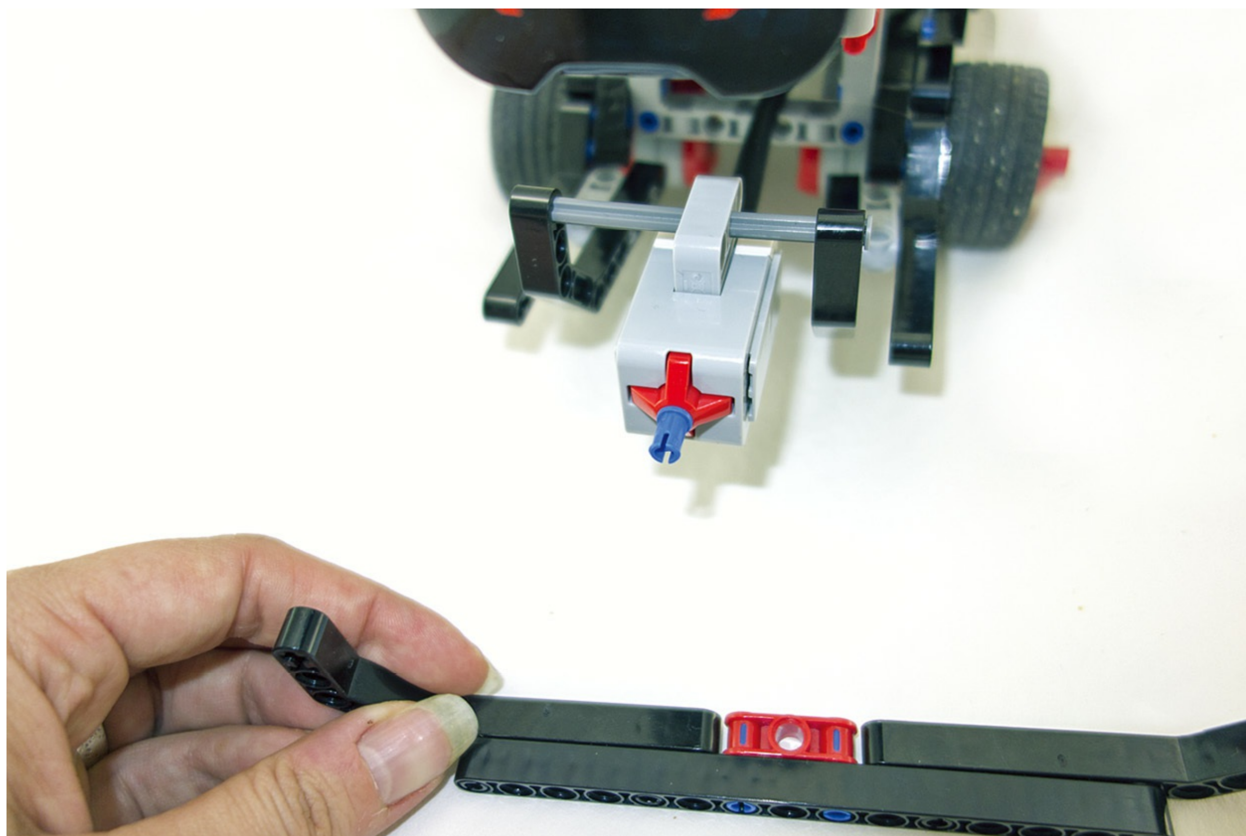


图9.37　将“保险杠”连接到触动传感器上

当机器人撞到人和东西的时候，“保险杠”的作用是加大接触面积以便触动传感器反应，这点很重要。另外，因为“保险杠”和传感器的连接部分是销而不是轴，所以如果你去扭动它的话它是会转动的，但是销本身是带有一些摩擦力的，所以使用中相对还比较稳定。

> 注意
>
> 请检查并确保触动传感器接到了传感器接口2上。

下面该来安装红外传感器。让我们把它安装在车辆前部中间的位置，“保险杠”上方。图9.38展示的是安装好的传感器。

请按照以下步骤进行安装。

1．将传感器与两个3M长的轴销转换块连接，如图9.39所示。

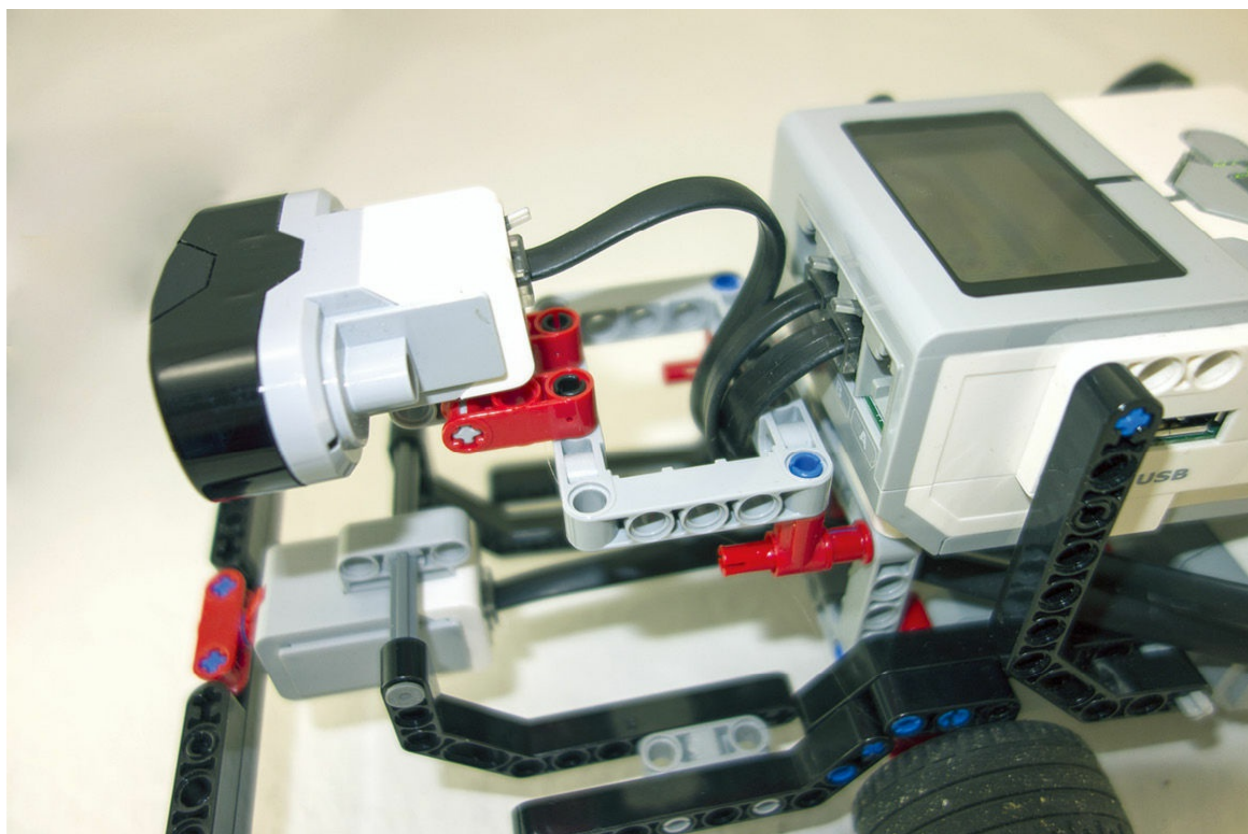


图9.38　红外传感器安装在车辆前部

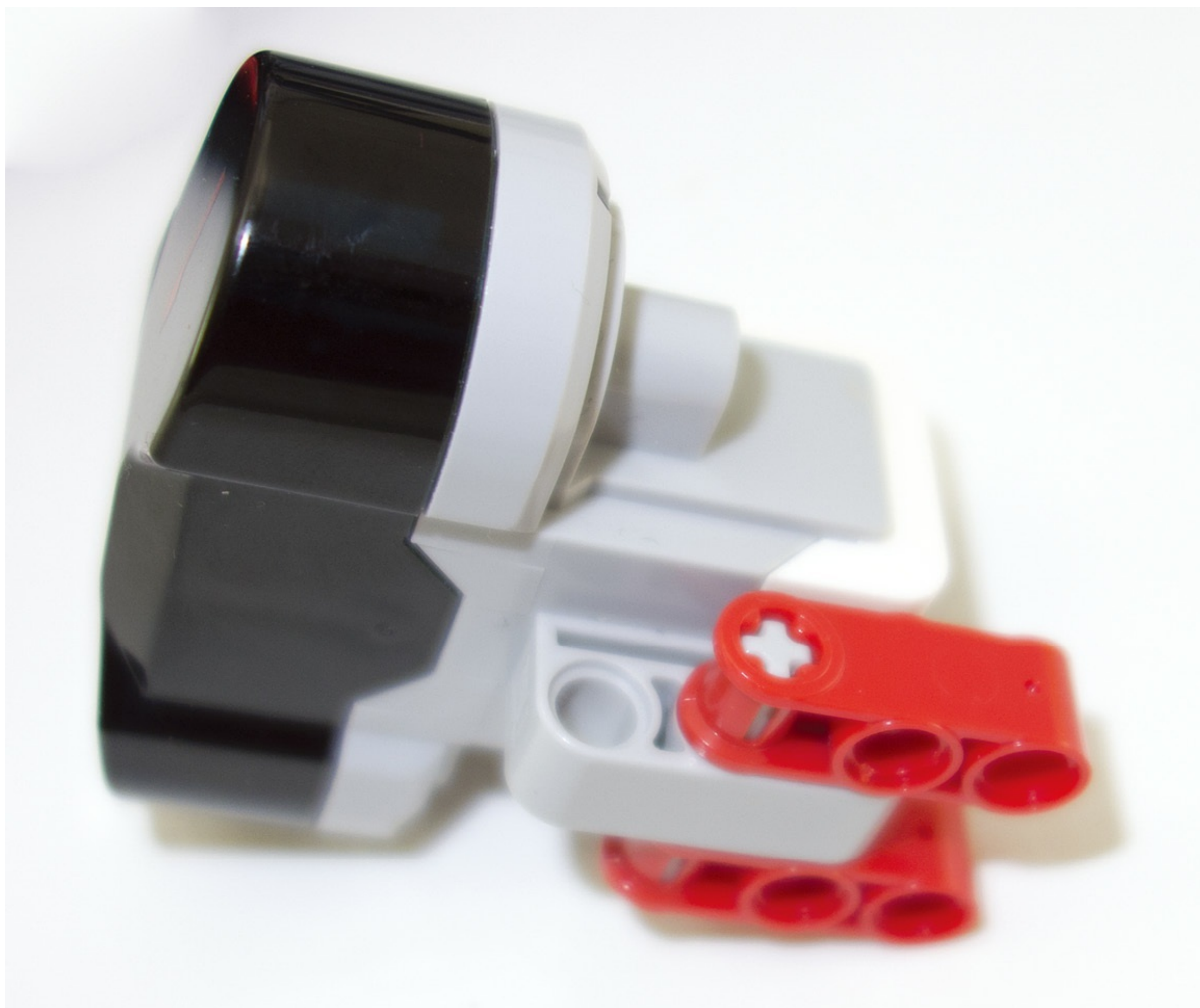


图9.39　用轴销转换块连接传感器

2．用黑色的销将轴销转换块与一个梁框架相连。

3．将这个梁框架与机器人连接好。我用了角度梁和2M长带十字插口的销。图9.40从另一个角度展示了搭建效果。

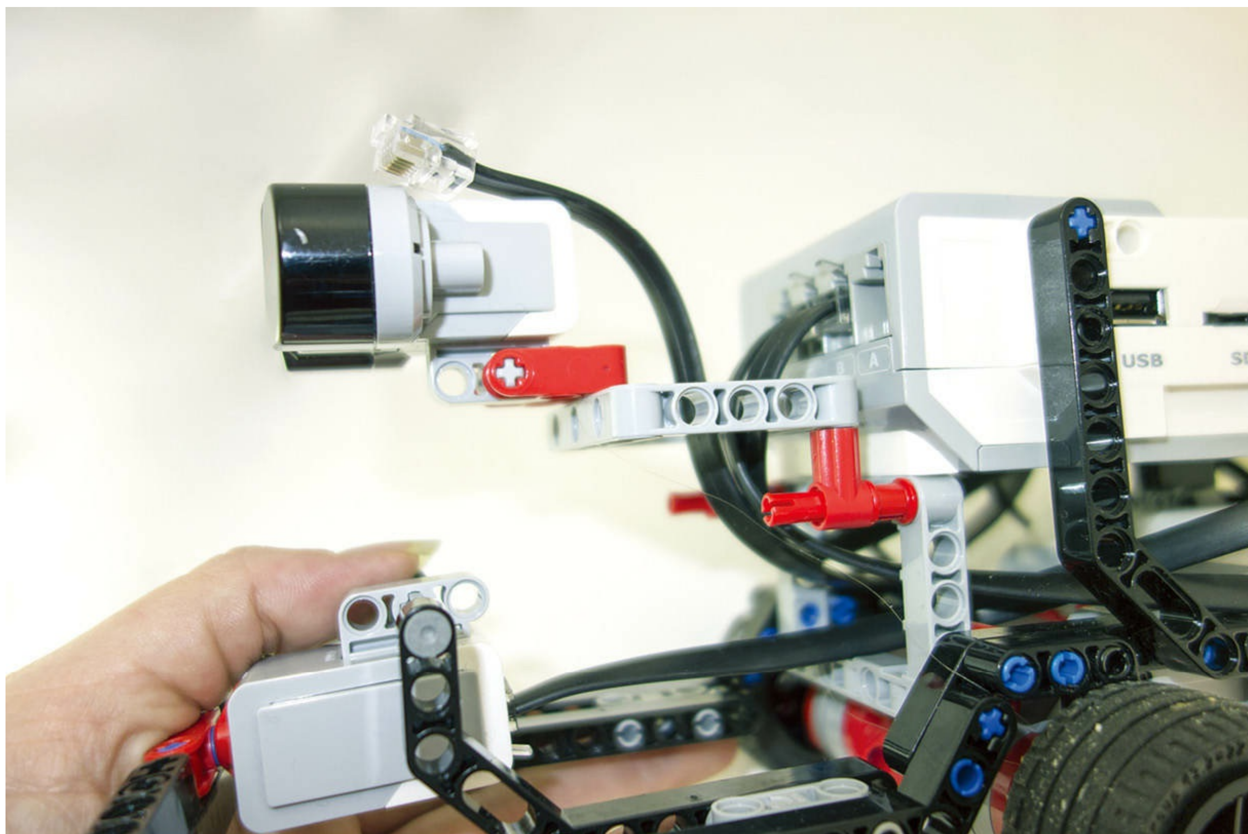


图9.40　别忘记用线缆将传感器和传感器接口3连接起来

9.3.3　建立地板清洁程序

现在你已经完成了电气和机械工程师的工作，接下来开始做软件工程师的工作——编程。好消息是，基于前面几章的学习你已经完成了大部分工作。

1．首先打开你在本章开始时做好的预防碰撞程序（请参考图9.13）。

2．单击并拖曳你的鼠标将程序全部选中。

3．单击“编辑——复制”，如图9.41所示（你也可以使用键盘上的快捷键“Ctrl+C”用于Windows操作系统，“Command+C”用于苹果操作系统）。

4．打开一个新项目。之前的项目开着或者关上都可以，没有影响。

5． 在新项目窗口中粘贴拷贝的程序。你可以选择打开“编辑——粘贴”；或者用快捷键“Command/Ctrl+V”（如图9.42所示）。

现在你有两个开始模块，不过这没关系。这样在这个程序中你就会有两个线程。或者，你也可以干脆删掉另一个开始模块。

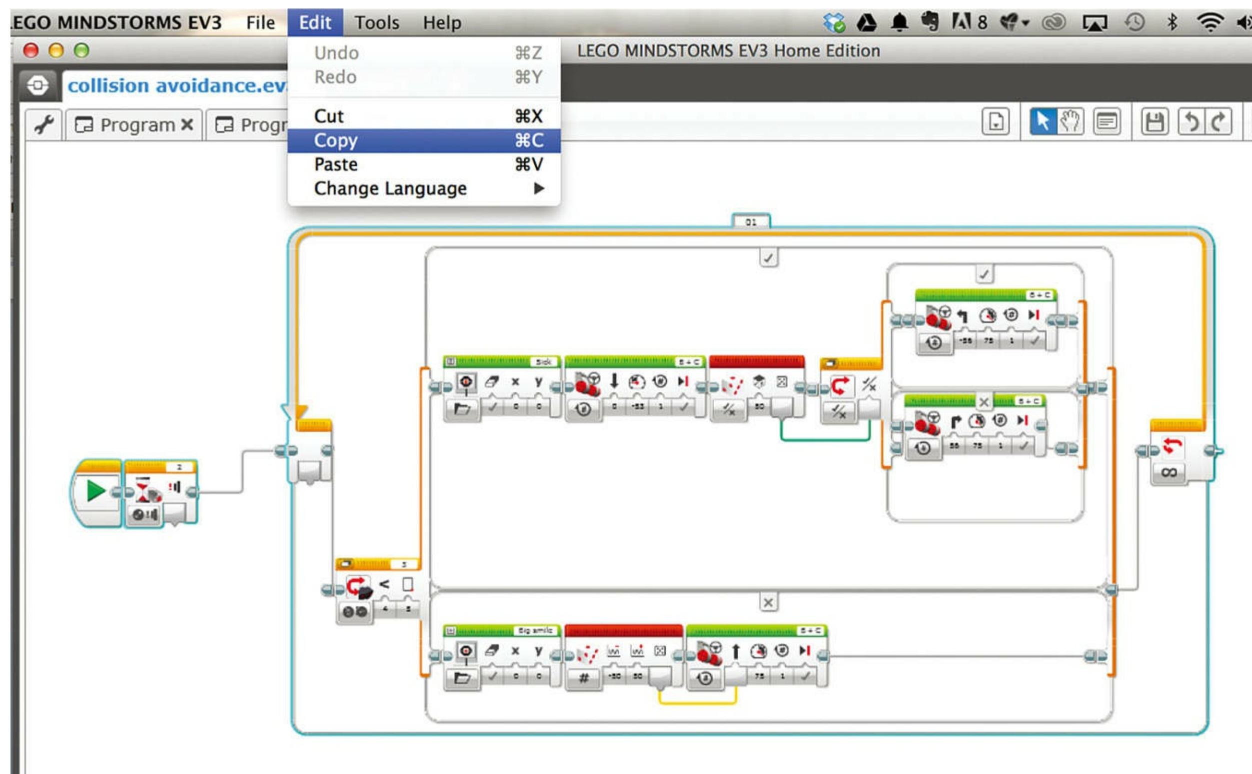


图9.41 复制整个程序

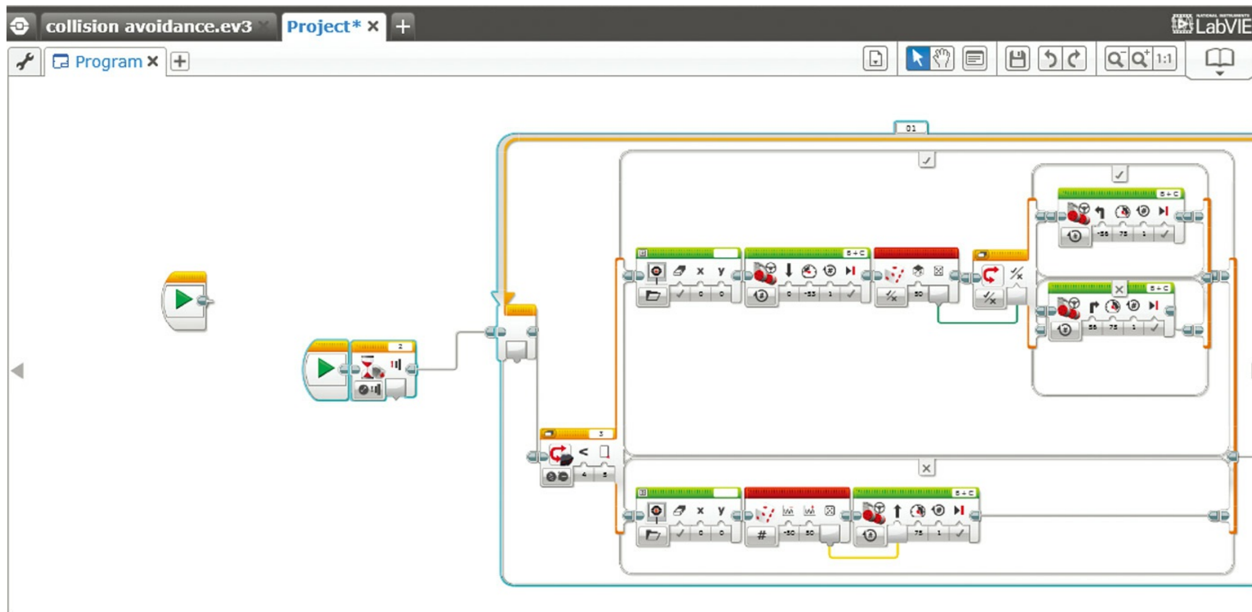


图9.42　将程序粘贴到新项目中

6．单击画布，取消选中整个程序。

7．单击选中在开始模块后面的等待模块，把它删除。这样程序就和开始模块断开了，后面部分颜色会变浅，表示这个程序目前不能正常运行。

8．用线工具将开始模块和其他部分重新连接起来，或者干脆将开始模块拖曳到循环模块边上（如图9.43所示）。

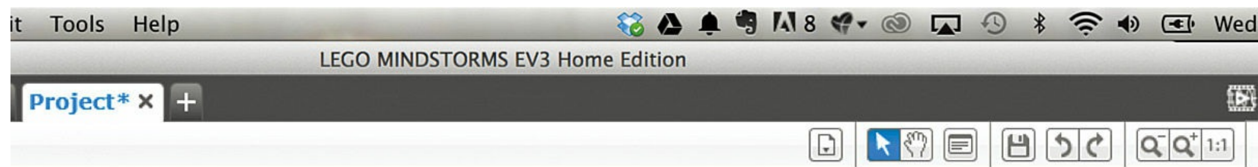


图9.43　将开始模块和循环模块连接起来

在所有模块都连接好之后，整个程序的颜色就又恢复原来的深度了。

因为这个程序在本章的前面已经写好，并且经过了测试，所有传感器也都连接到相应的接口，所以现在就可以直接玩了。与第一个程序不同，本程序不需要敲击触动传感器来开始，它会立刻运行。但是，你还没有对触动传感器做任何设置。让我们用已经在画布上的那个开始模块来做一点修正吧。

这需要你建立另一个小的循环模块，就好像在本章前面给遥控器做的那个，只是这次是使用触动传感器让机器人在每次撞到物体之后自动后退。

1. 把一个循环模块拖曳到开始模块旁边。

2. 把一个等待模块拖曳到循环内。

3. 把模式改为“触动传感器——改变——状态”。

4. 把一个移动转向模块拖曳到等待模块旁边。

5. 把输入改为−53功率和2 圈。

6. 将循环名称改为“touch sensor”（触动传感器）来提醒你它在程序中的作用。

完成后的循环如图9.44所示。

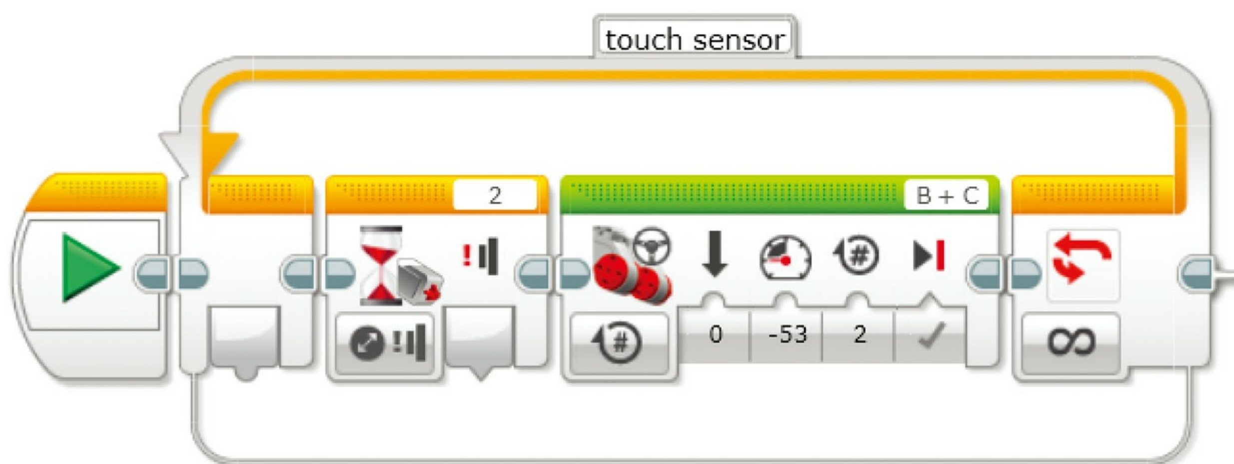


图9.44　这个简单的循环程序可以让机器人撞上东西之后自动后退

好啦，现在就来跑一圈测试一下机器人吧。它干得怎么样？在躲避物体的时候它应该做轻度的随机转向，不过总体来说是走直线的，撞上物体之后应该也能自动后退。其实它的工作方式和市面上很多价格昂贵的扫地机器人很像了，但是我必须承认，那些机器人比它要复杂得多。

如果你使用的是乐高教育版的EV3，那么你可以像本章前面一样用超声波传感器来代替红外传感器，其他的步骤都一样。

提示

如果你想遥控扫地机器人，那么在本章9.2.1“为遥控器编程”一节中你已经做过了，那个遥控器控制的程序是可以使用的，并且不需要做任何修改。

9.4 小结

在本章中，你改装了在第8章中所搭建的机器人，并使用红外线和触动传感器来使它避免碰撞。你学习了如何帮助机器人通过拐角，还学习了如何让机器人随机移动。你还发现多线程程序非常有用，并为你的机器人设计了拖把头的装配，并且设计了一个程序让它变成了实用的扫地机器人。在下一章中，你将会学到如何制作一个能通过颜色来区分整套扑克牌的机器人。

第10章　神奇的彩色扑克魔术

在本章中，你将搭建一个利用颜色来分辨纸牌并同时将它们进行分类的机器人。你的机器人可以告诉你纸牌的颜色，即便你本人并不能看到纸牌。当然，这不是魔法，但是它听起来确实很酷。

除了需要一套EV3以外，你还需要一副Uno游戏纸牌，最好是一副比较旧的纸牌。老款的Uno游戏纸牌颜色比较单一，但是现在越来越多的款式是带斑点或是条纹的。如此一来，颜色传感器，很难正确判断纸牌的颜色。如果你的纸牌是一副新纸牌，也不要担心——我们将会进行一项小测试，然后决定是否需要提取出你这副纸牌中的某种颜色，以使检测能够顺利进行。还有一种选择，你也可以选用Skip-Bo或是Phase的纸牌。这3种纸牌都是Mattel制造的，并且在大多数零售店都有销售。

> 注意
>
> 为什么选用**Uno**？
>
> 因为Uno、 Skip-Bo以及Phase 10这3种纸牌都是这个检票机的理想选择，并且它们的颜色非常鲜明，和EV3上颜色传感器可以识别的颜色比较相近。更重要的是，这3种纸牌中所有纸牌的颜色都确切地固定在某个位置上，这就意味着你不需要为检测每一张纸牌的颜色而移动颜色传感器。如果你无法使用这3种中的任意一种的话，你也许也可以考虑选用Barclay Bridge的卡牌或是其他相似的卡牌，只要它们有单独且鲜明的颜色即可。

这个课题将会给你带来两个挑战。

- 要制作一个能分发纸牌的机器人。
- 要设计一个能识别纸牌的颜色，并判断纸牌是正面朝上还是反面朝上的机器人。

图10.1展示了这个程序的流程图。

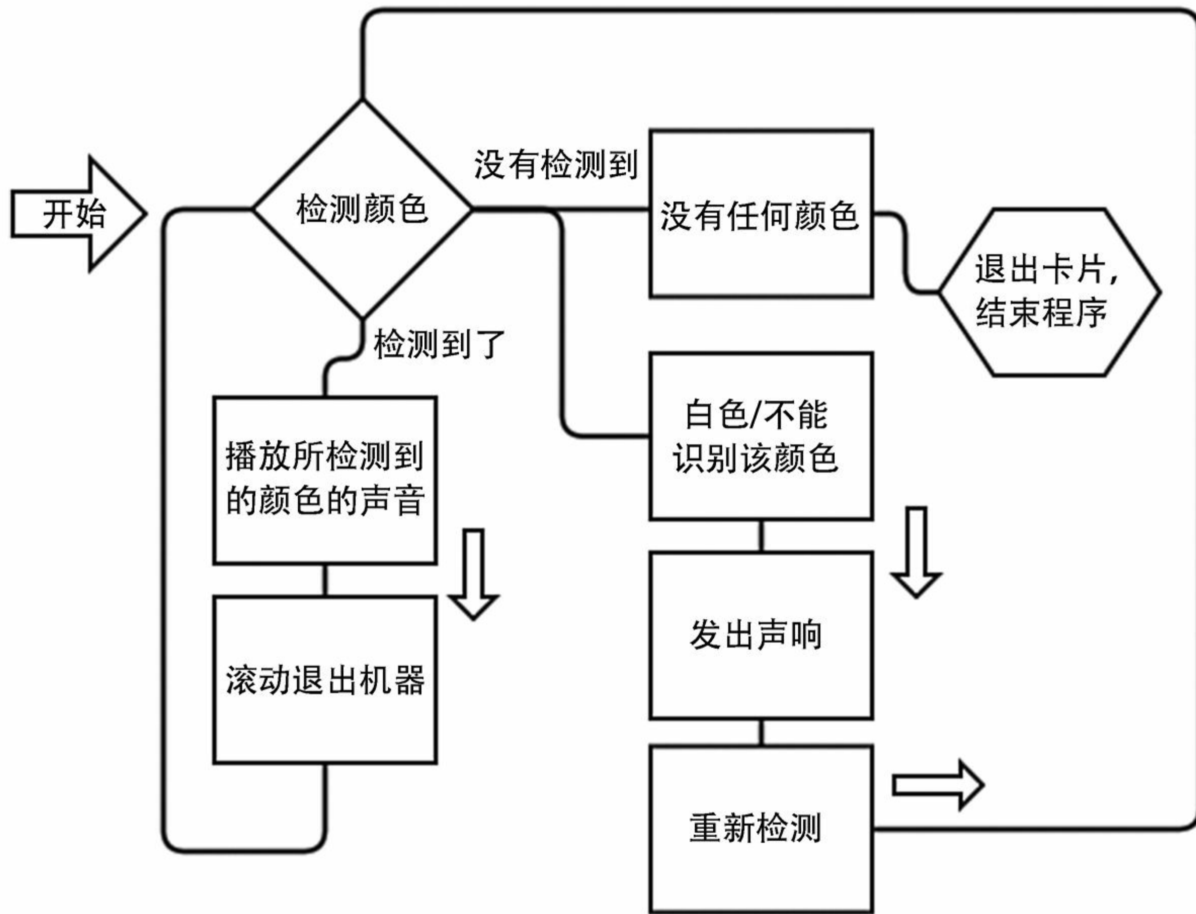


图10.1　如果你想要把所有检测出的颜色排列出来，那么这个程序还可以再设计得更庞大一些

10.1　头脑风暴与机器人搭建

搭建这样的一个机器人，可能需要多次尝试并且会产生很多的错误，所以你应该先尝试着想出一些想法并提炼出其他机器人模型的精华。在这一阶段，你可以在不连接电机的情况下思考一些关于机械方面的想法。为了代替电机，你可以单纯地采用手动方式来移动将要被电机驱动的零件，然后测试你的想法是否正确。

这个机器人要分拣纸牌，那么它会怎么工作呢？你可以试着搭建一些能从纸牌堆中抓起纸牌的机械臂。这种紧握式机械臂需要齿轮来带动运转，而且是需要能够抓起单张纸牌而不是整副纸牌的机械臂设计。最初的时候，我考虑的是按照第5章的思路来搭建这个机器人，你可以尝试实现这个想法，但是我会遗憾地告诉你现在我还没有能力让这个想法实现。我所面临的最大问题，就是让机械臂只抓起一张纸牌并将它从一叠移动到另一叠。

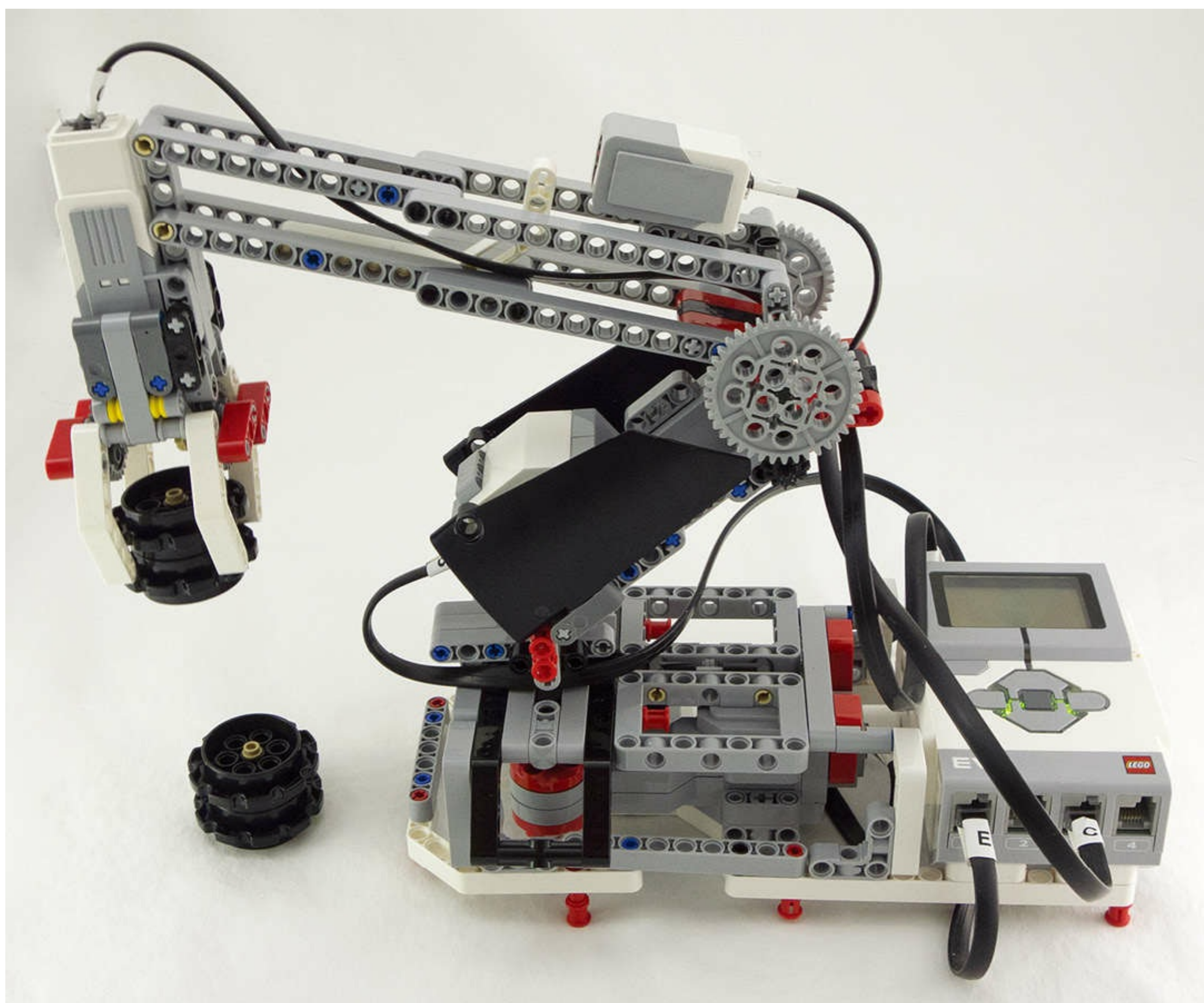


图10.2　这个机器人有一个抓举臂，但是它只能抓取较大的物块，而不能从牌堆中抓起一张单独的纸牌

与其思考所谓的“机械臂”，不如想一些能够推动纸牌的结构。举一个例子，你可以使用橡胶履带从牌堆的底部将某一张牌推出。如果牌堆有轻微的倾斜或是上翘，你也许可以考虑重力的作用，它可以避免其他的卡牌一起被推出（如图10.3所示）。

在测试中，履带没有完成所设置的任务。虽然它已经获得了重力的帮助，但测试最终还是以履带从牌堆中推出大量的卡牌而告终。

那么，如果用轮胎来替换履带会怎么样呢？轮胎也可以很好地将纸牌传送出去。不过我们可以进行一些改变，使它一次推出一张纸牌，而不是推出整个牌堆（如图10.4所示）。当颜色传感器开始检测反射光的时候，轮胎也会给颜色传感器留下恰好的空间来检测卡牌的颜色。

在尝试过使用手旋转一个简单框架下的轮胎后，我觉得这个想法将会是最好的选择。当两个轮胎被合起来一起使用时，它们的宽度几乎正好与卡牌相等。如果将牌整齐地堆放在一个角落中，而使轮胎克服重力工作时，也许它将会帮助固定未检测的卡牌。



图10.3　采用履带推出卡片的这个想法还没有完全实现



图10.4　用手动旋转的方式测试采用轮胎推出卡牌的方式是否可行。在你准备好将会做这个任务的机械装置之前，不需要去搭建复杂的结构

10.1.1　搭建一个平台

在机器人如何进行机械运动上，我们已经有了一个基础的方案，让我们从搭建能够放置牌堆的基座开始，进行机器人的搭建。

> **提示**
>
> 在你搭建机器人的过程中，也许你会想要频繁地测试机器人。尝试效率较高的机器人雏形，改进那些无法工作的部位；改进那些正常工作的部位，尝试让它们做得更好。那么，你需要通过不断搭建再拆卸，才能形成一个成熟的机器人形体。

1．搭建一个放置你的EV3智能砖和牌堆的平台。用3个梁框来搭建这个平台，打开的部分必须是牢固的，且能装下我们稍后将会放置的轮胎以及传感器。用黑色的销来连接梁框。

2．在这个平台的边缘横向放置一个长15M的黑色直梁，用来使平台保持稳固。搭建出的底座应与图10.5类似。

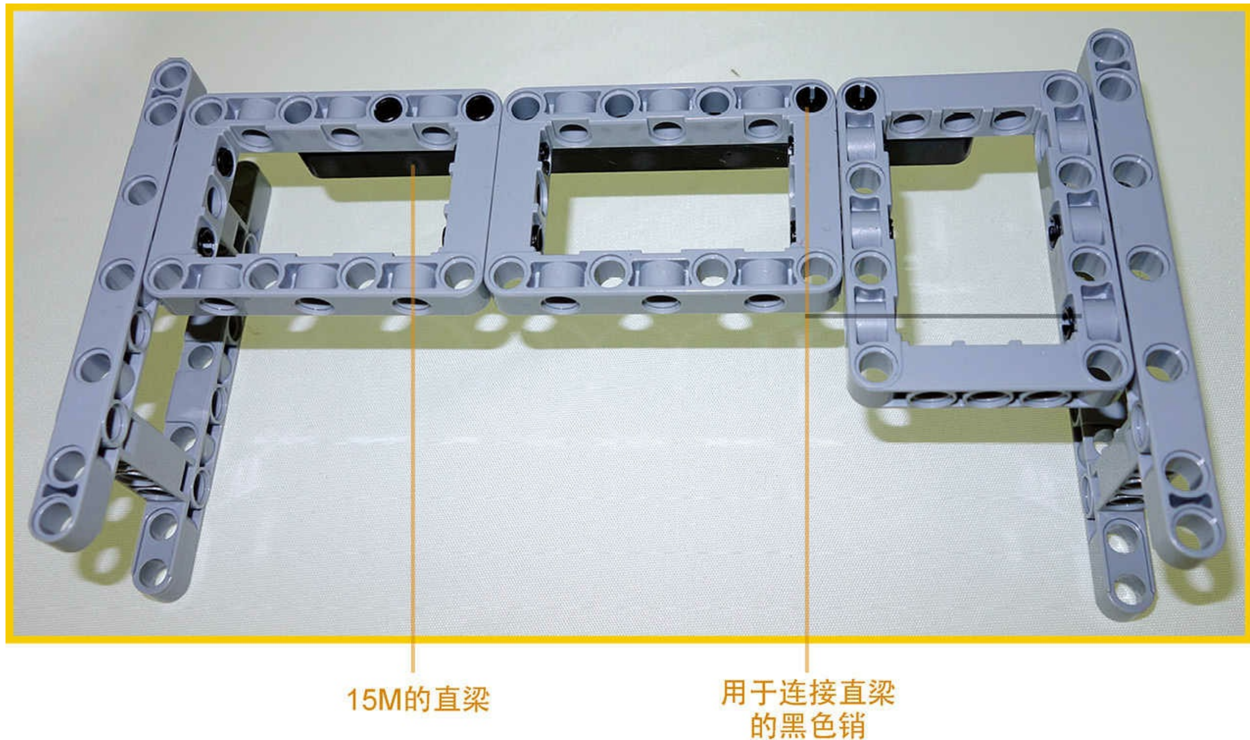


图10.5　用来承受EV3智能砖以及牌堆的一个简单底座

实际上，这个底座对于将要安装在其下面的颜色传感器来说还不够高，因为颜色传感器检测颜色的一端将会向上。所以，你必须将这个底座搭建得更高。就现在而言，让我们继续来确定所有的零件都已安装在正确的位置上。

3．以你的纸牌作为横梁长度的标准，并将横梁安装在纸牌的3条边，其中的一边要沿着平台的右侧，使纸牌固定在一定范围内（如图10.6所示）。使用黑色的销将这些直梁固定在正确的位置。同时，增加一个带有90度角的直梁，以及一个在右侧下方竖直放置的直梁，以便在后期使固定轮胎的轴能够保持在正确的位置。



图10.6　使用纸牌本身作为测量标准

在纸牌的遮挡下，想要看清这个装置的每个零件的确切位置应该是比较困难的，所以图10.7提供的是没有遮挡的图像。除了直梁以外，这里还有一个带90度角的梁臂。实际上这是在很多结构完成后才应该搭建的结构，因为它会与颜色传感器共同将纸牌移动到更加规范的直线内。

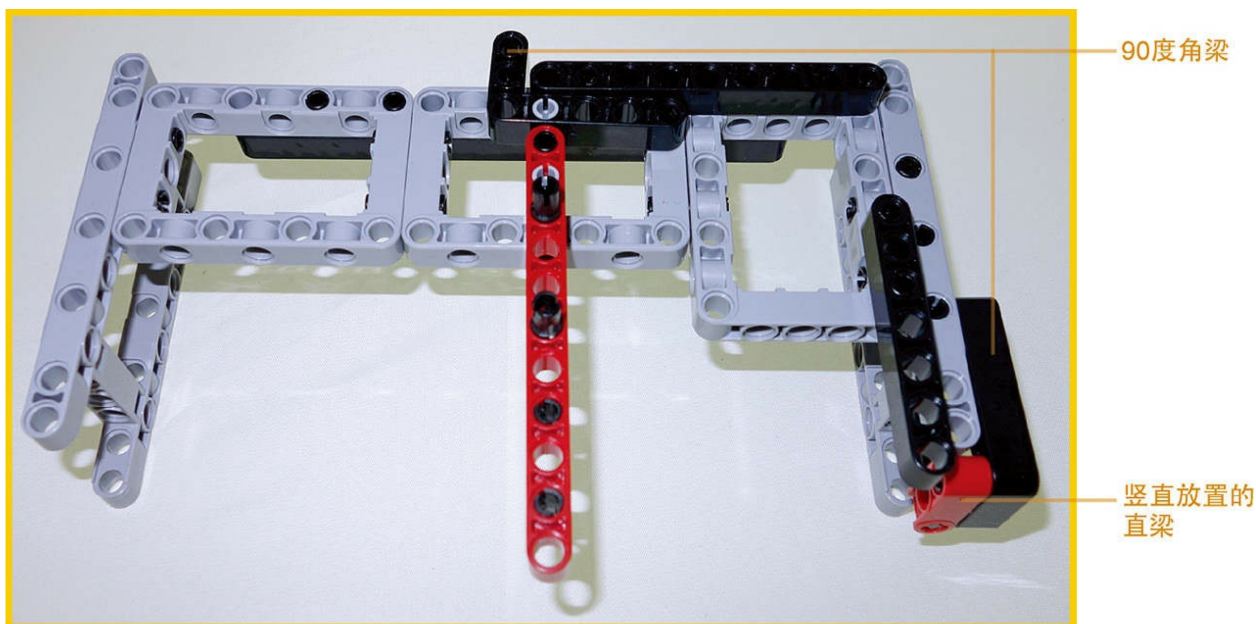


图10.7　到目前为止的纸牌检测机器人

4．将两个横向放置的横梁用3M的轴以及一个双向2M蓝色销连接

起来，以准备颜色传感器的安装，如图10.8所示。



图10.8　颜色传感器已经准备好安装了

5．在机器人基座的右侧安装颜色传感器，将它放置在框梁里，使之与框梁齐平。在支撑机器人平台的一边的框梁中，用黑色的销连接横置的直梁，使其固定在框梁内部，并在直梁的下方连接颜色传感器（如图10.9所示）。传感器应该竖直向上放置，它将会检测牌堆最底部那张纸牌的颜色。

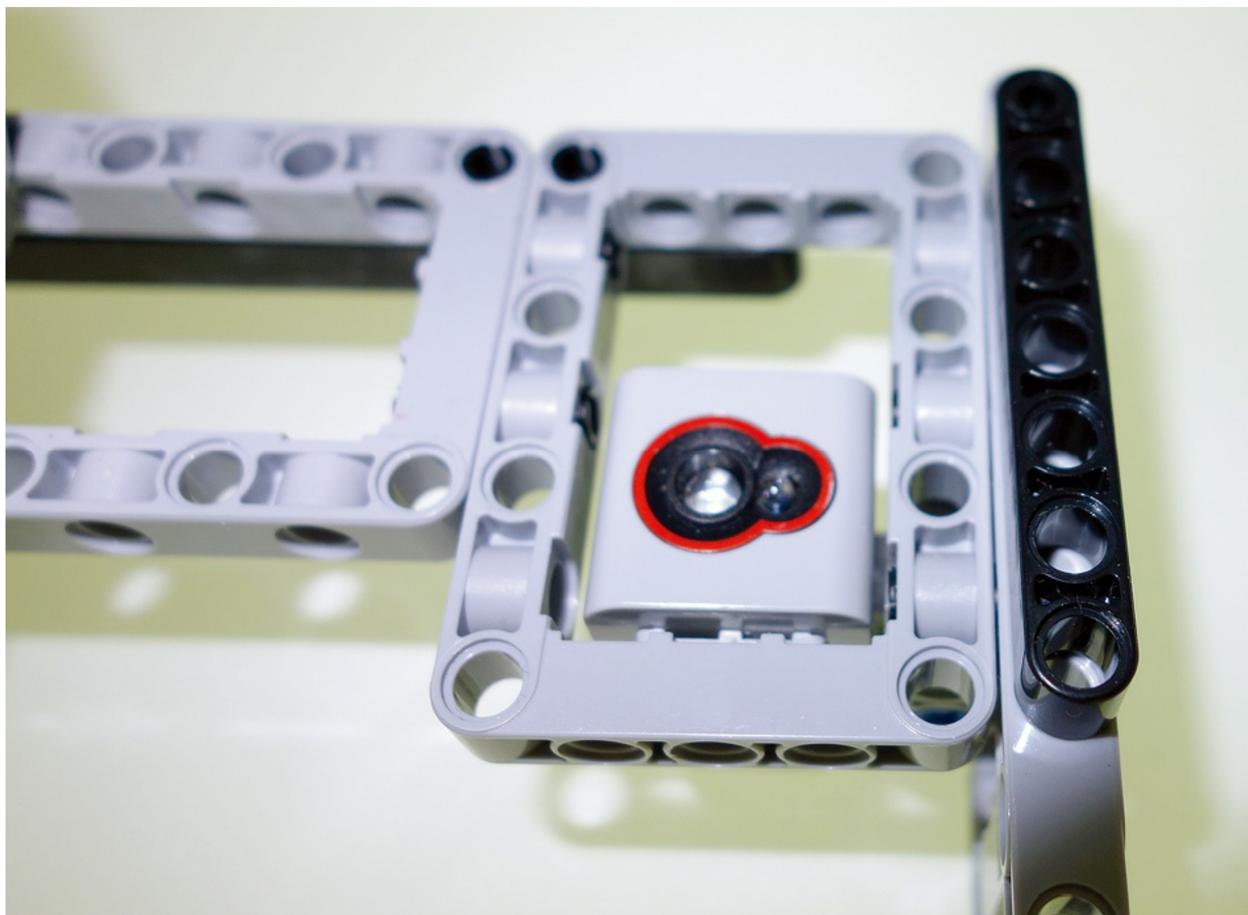


图10.9　在支撑机器人平台的一边的框梁内，连接一个直梁以固定颜色传感器

10.1.2　提升机器人基座

因为你还没有搭建传送装置，所以你需要将基座稍稍举高，以给车轮足够的空隙，让它能够在不移动基座的情况下旋转。你也许还会想将基座稍稍倾斜一个角度，这样在其中一张纸牌正在被检测时，重力将会控制大部分纸牌保持在原来的位置。你可能还会想要确保在基座的前部有很多与地面可以连接的装置，因为如果你倾斜了整个基座，那么它将产生不稳定的现象，并且你还将把一个沉重的智能砖加在这个基座的上面。

用一个黑色的15M直梁、一个红色的3M可连轴直梁或是标准的3M直梁、两个双跨排架135度直梁、两个3M直梁和两个11M红色直梁（如图10.10所示）。

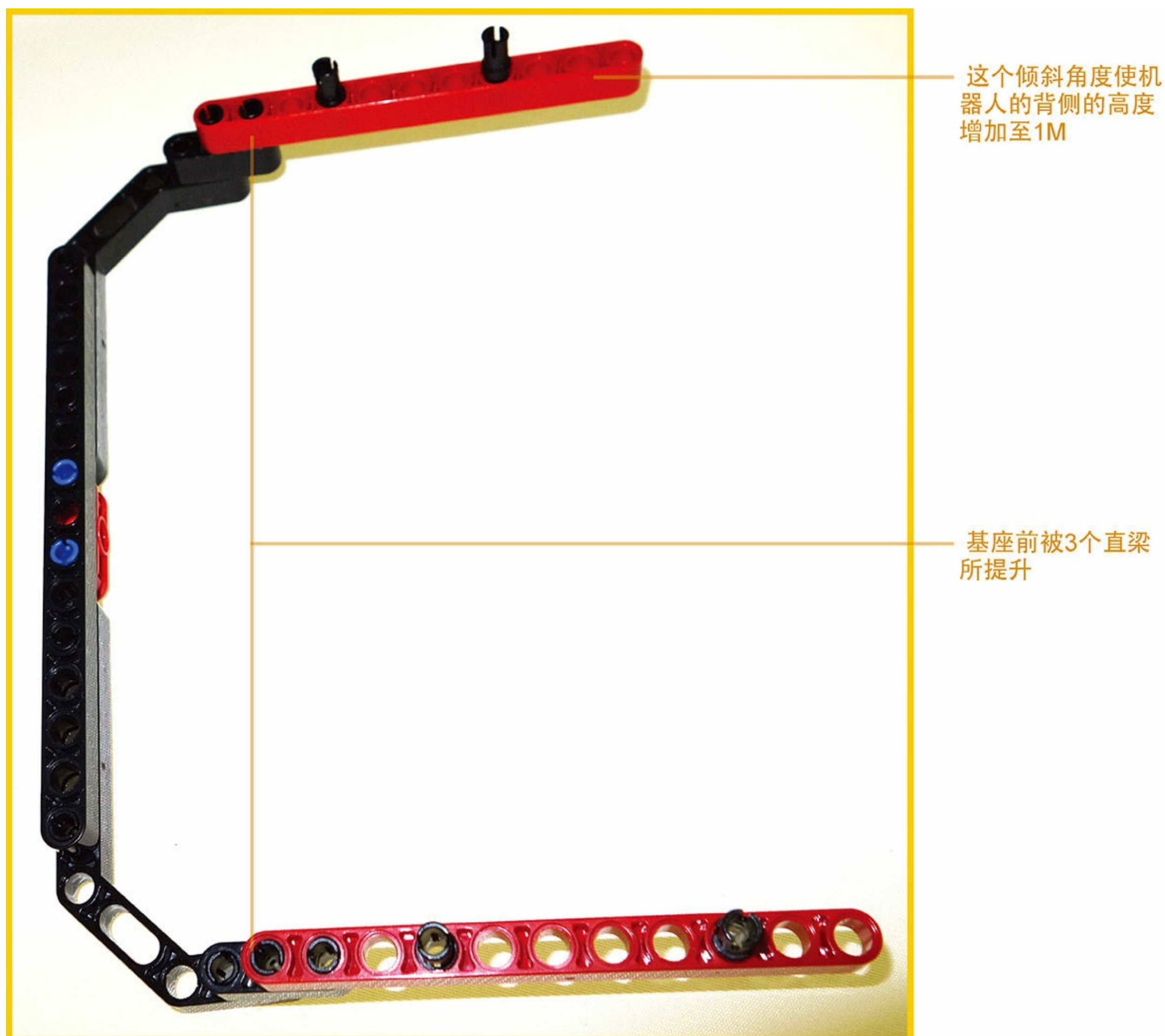


图10.10　安装在这里的直梁将基座提升了一个角度

注意

如果你在这一步骤中使用了3M可连轴直梁，就用蓝色的半轴销来固定它。如果你用的是标准横梁，那么就用黑色的销来固定它。

最终的结果是使机器人基座的前部高了3个直梁的高度，背侧高了一个直梁的高度。当你在基座上安装完“基座的鞋”后，你应该得到如图10.11所示的装置。

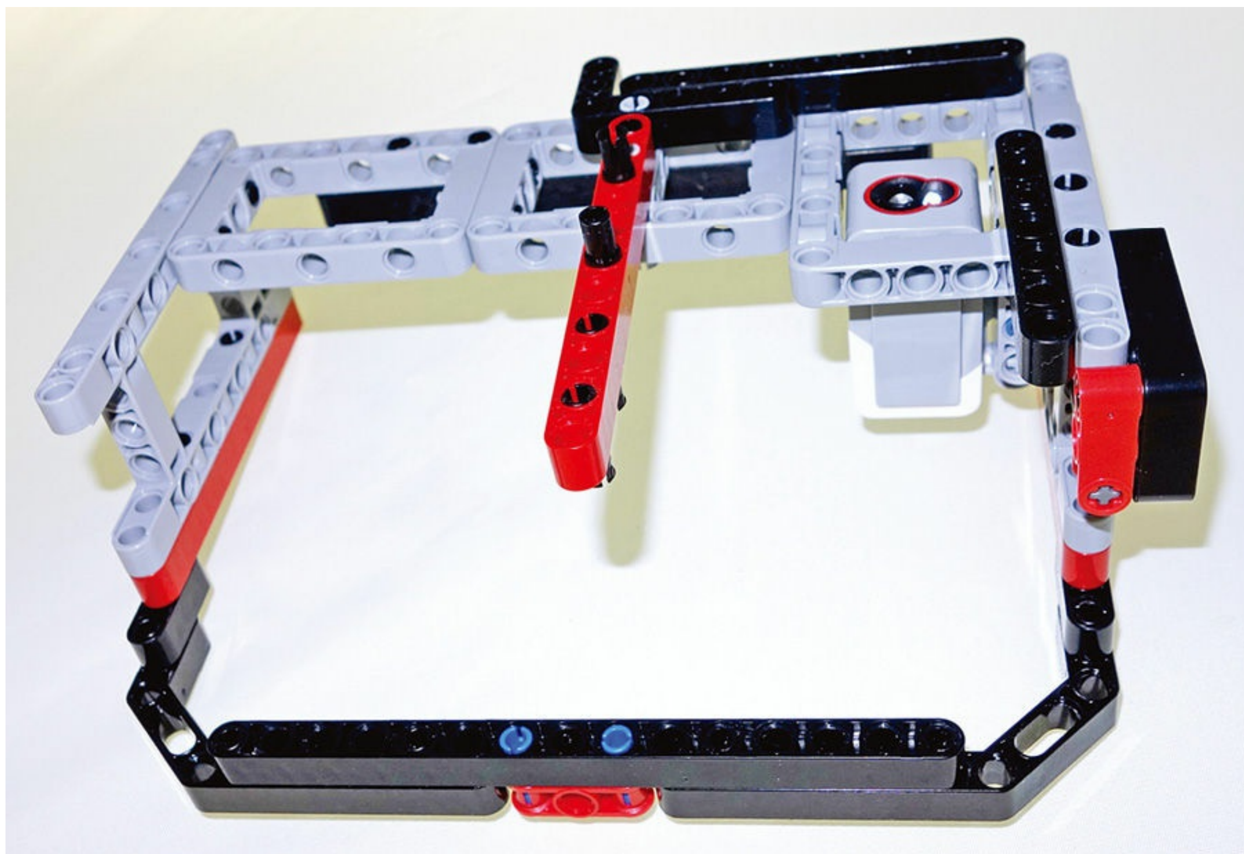


图10.11　我们的机器人现在有了“基座的鞋”

10.1.3　搭建轮胎传送结构

要搭建轮胎传送结构，需要两个带有胎面花纹的大轮胎，并用EV3套装中最长的轴，穿过每个轮胎的中心把它们连在一起。在末端安装一个0.5M的黄色轴套，使轮胎保持应有的位置。将轴的另一个末端插在中型电机中（如图10.12所示）。



图10.12　将两个轮胎连接至中型电机

此时，轮胎传送装置需要安置在即将放置卡牌堆的区域的下面。将中型电机连接到中间的梁臂上，并且将轴剩余的长度穿过放置在纸牌堆右侧的红色的可连轴直梁和黑色的90度角的直梁。轮胎的顶端应该只比颜色传感器的顶端高一点。用另一个黄色的0.5M轴套来固定车轴。这个结构现在应该看起来和图10.13类似。

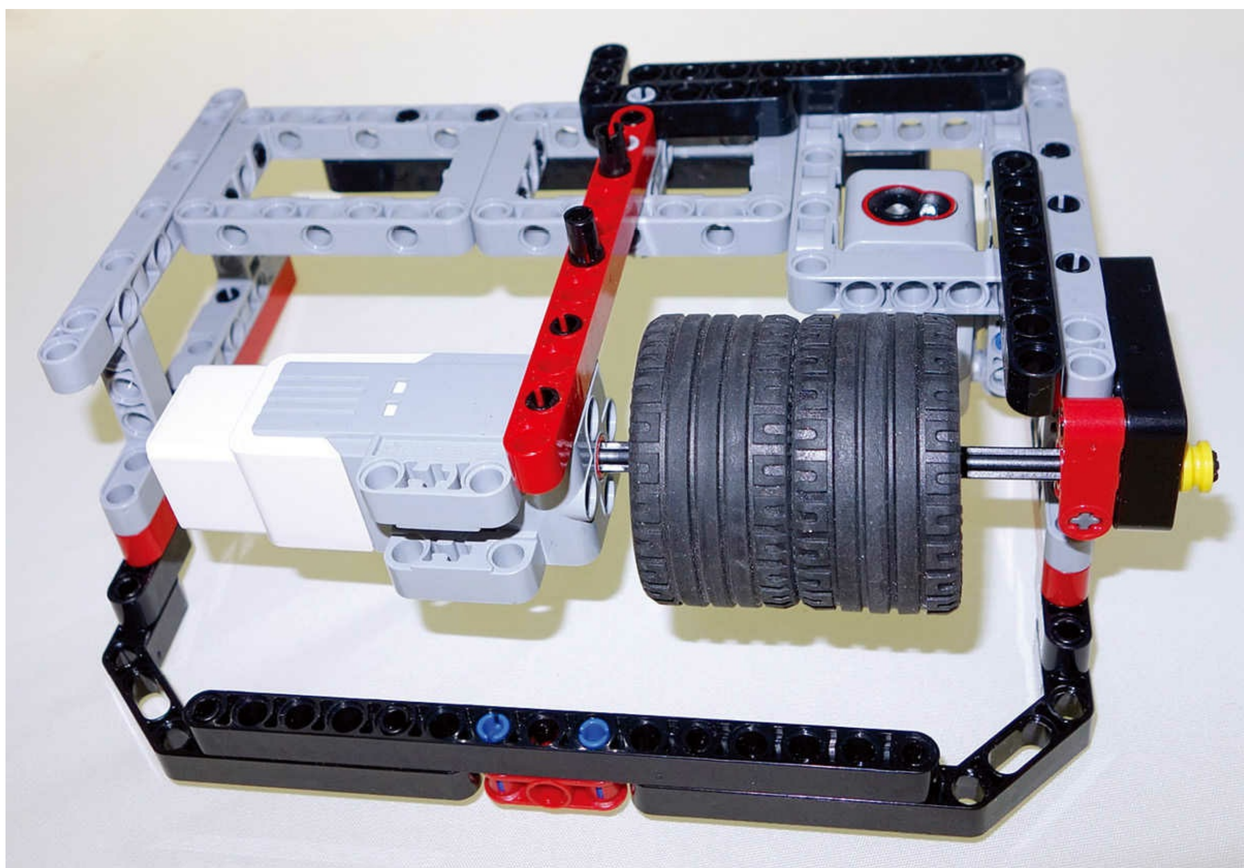


图10.13　中型电机以及轮胎已经放置在正确的位置了

10.1.4　检测这个装置

此时，确保所有的东西都处于正确的位置上。将纸牌放置在机器人上，以证实颜色传感器已处在正确的位置上，并可以检测纸牌右下角的整体的颜色（如图10.14所示）。你还应该再检查一遍纸牌，以确保纸牌向后倾斜了一个细微的角度（这是为了确保整个牌堆在轮胎旋转时，不会向前滑落）。最后，用手尝试旋转轮胎，以确保它仍然能够将纸牌推出去。

如果这个结构没有像你所期盼的那样工作，这将是你解决问题的一个机会。你可以尝试摆平这个平台或是将轮胎举得更高，再看看能否将纸牌正确地移动。

10.1.5　安装智能砖

现在是将智能砖安放在机器人上，并用数据线将电机和传感器连接

到智能砖的时候了。用黑色的销将智能砖固定在机器人的左侧（如图10.15所示）。

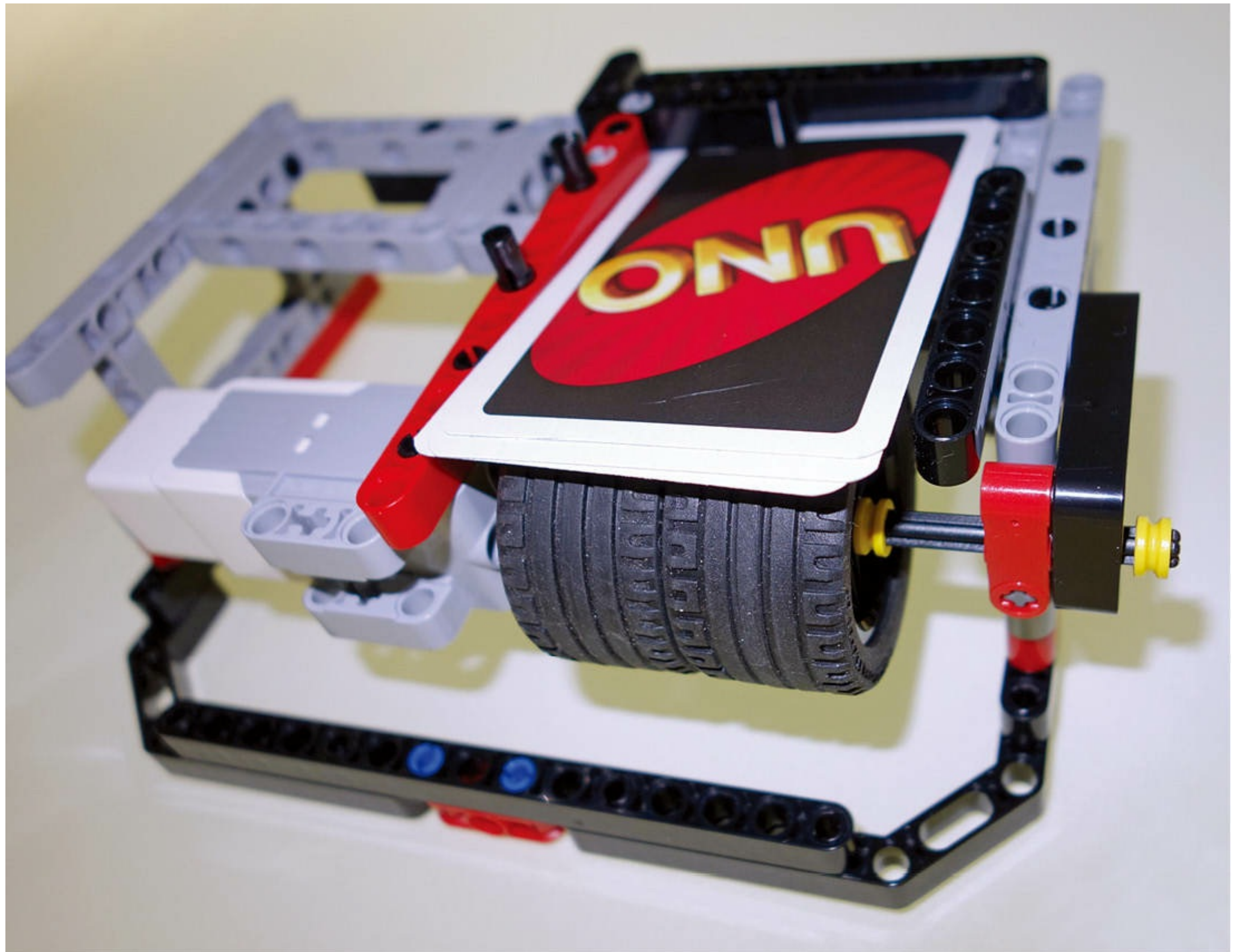


图10.14　牌堆应该保持向后有微小角度的倾斜

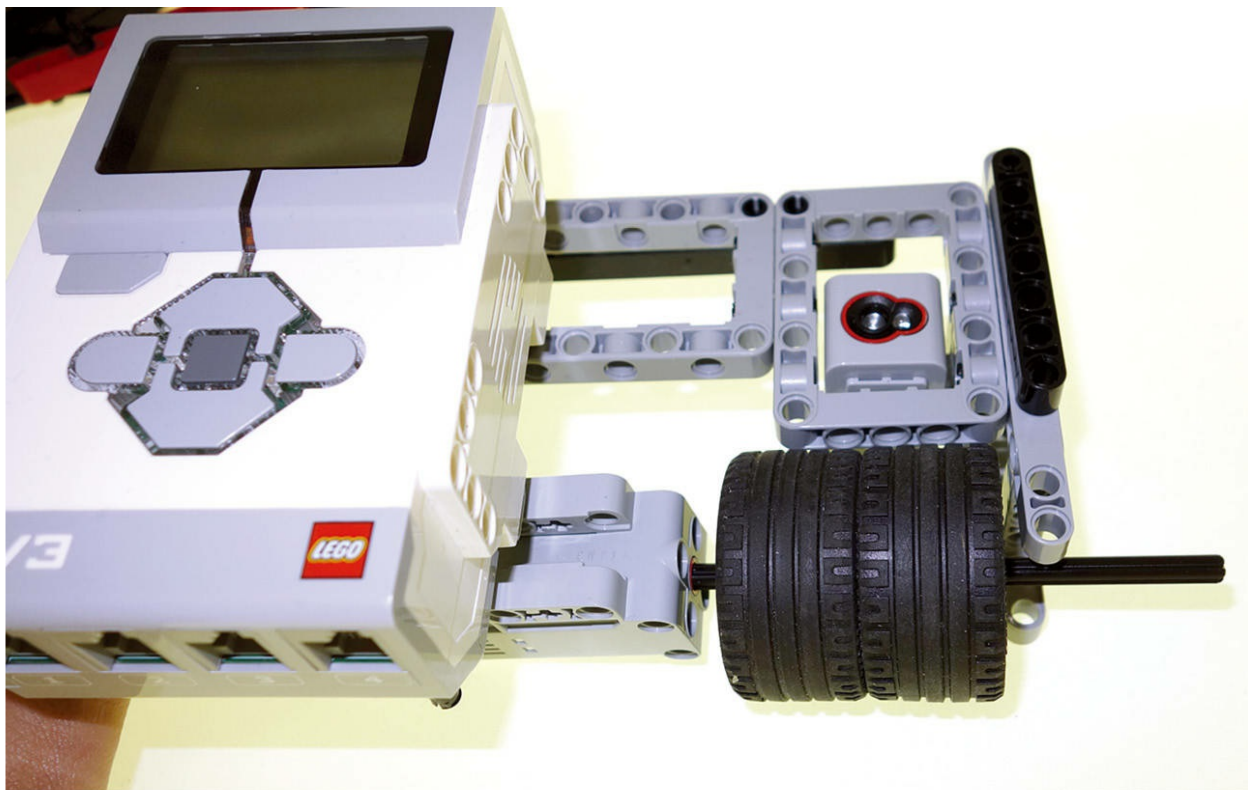


图10.15　智能砖要安装在左边。在这张照片中，我将牌堆移走了，以更好地展示它们是如何安置的

将牌堆进行翻转再连接数据线会变得更容易些。将中型电机连接到C端口，将颜色传感器连接到端口3，如图10.16所示。

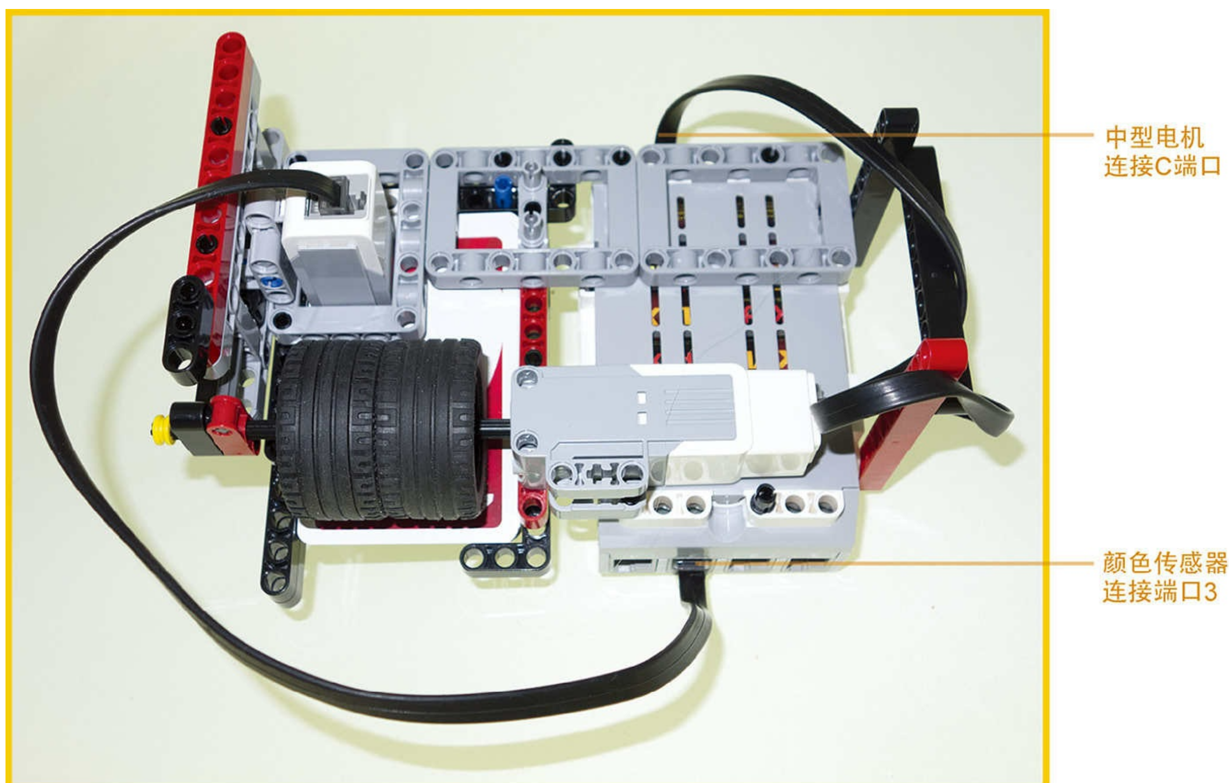


图10.16　这就是机器人的下方部位（暂时性地移走了机器人的基座）。这样你可以看到如何连接传感器和电机

10.1.6　控制纸牌

现在这个机器人的大部分已经组装完毕了，你可以增加一些额外的保护装置，以确保机器人每一次运转都只推出一张卡牌。但是，照现在这个样子，纸牌在个别时候可能将会被成堆地推出，或是整个纸牌堆有时可能会一次全部滑落。虽然重力帮助了牌堆向机器人的后端倾斜了一些，但是你也可以用两种方式提升这种装置，即在牌堆的上方添加一个重量将牌堆压下去，或是添加某种大门以确保大堆的纸牌不会一次性被向外推出。

我为这个工程性的任务尝试了许多方案，并用实验来测试哪种方案是最有效的。最终，使用一个小脚轮将会是最好的选择（如图10.17所示）。它提供了足够的重量来保持牌堆，向下给牌堆施加压力，但它却并不影响如何处理卡牌。

令人遗憾的是，一个小脚轮并不是EV3家庭版套装的标准配件之一。你可以用大约35美元左右的价格购买它。不过单单为了一个项目购

买另一个套装中的零件似乎有些浪费。

你可以尝试增加一把“剑”来确保整个牌堆不会一次性地从轮胎上滑落（如图10.18所示）。虽然这个装置解决了一次就将许多纸牌推出的问题，但是我发现它往往会在牌堆的末尾处施加太多的力量，而不顾后面的牌堆本来就已处于倾斜状态。当牌堆中只剩下一两张牌的时候，将会因为倾斜得太厉害而造成颜色传感器无法识别纸牌的颜色。

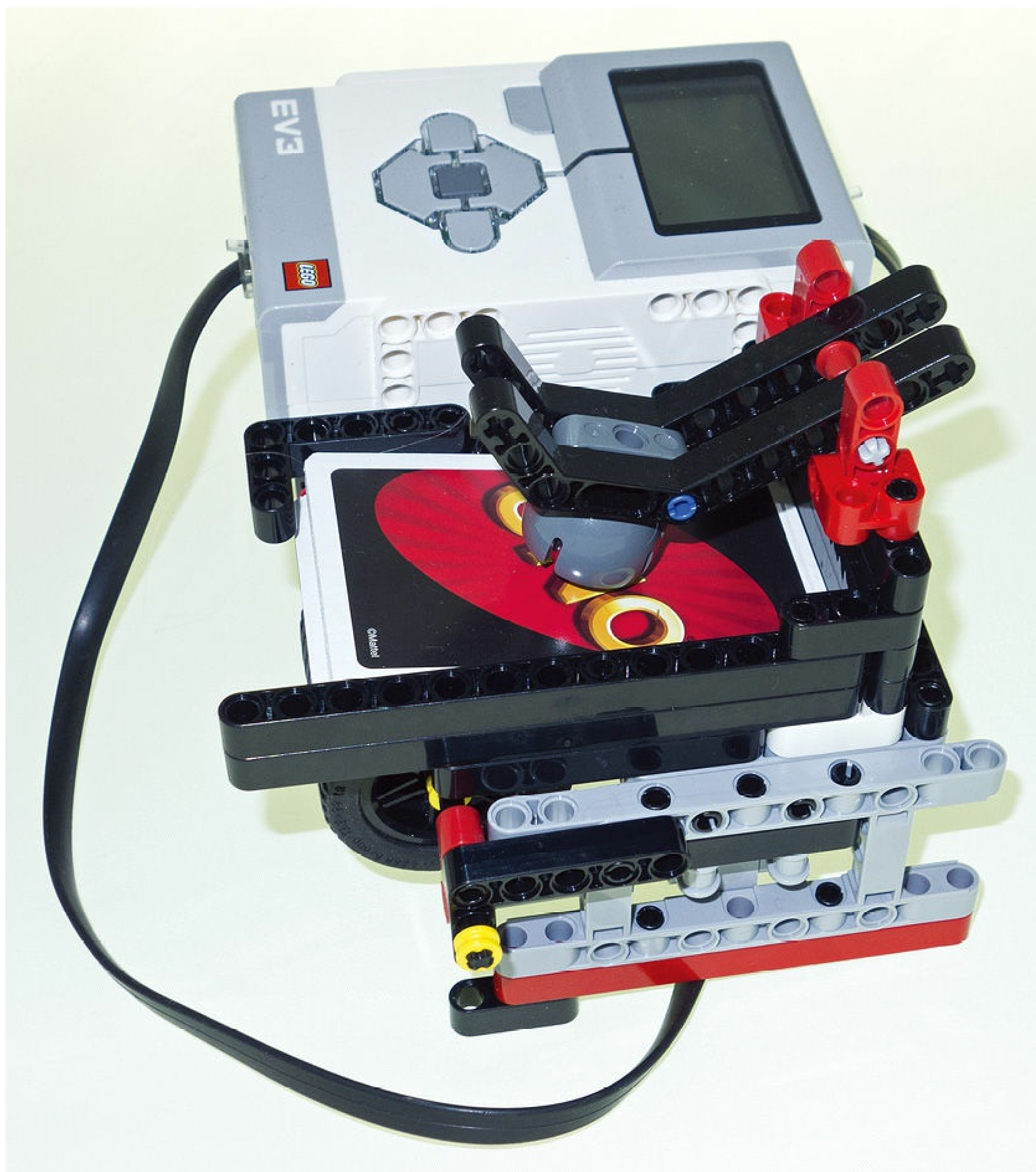


图10.17　一个安装在梁臂上的小脚轮为整个牌堆提供解决方案

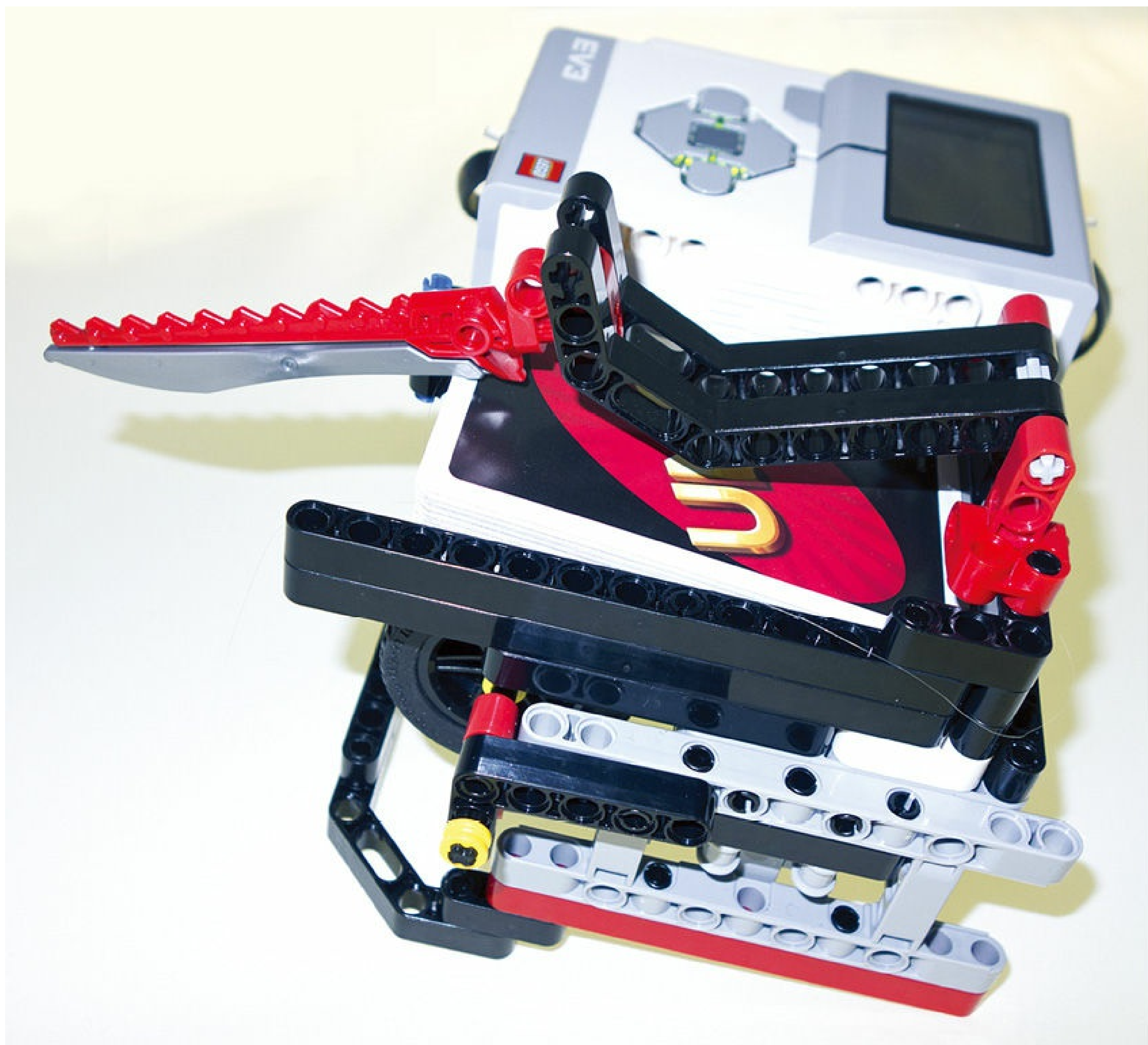


图10.18　使用“剑”的方案以便多余的纸牌被一起推出

我找到了最有效的方法（不需要在家庭版套装中不包含的零件中花费金钱）——仅仅使用两个双角度弯曲横梁来给牌堆施加一个轻微的压力（如图10.19所示）。

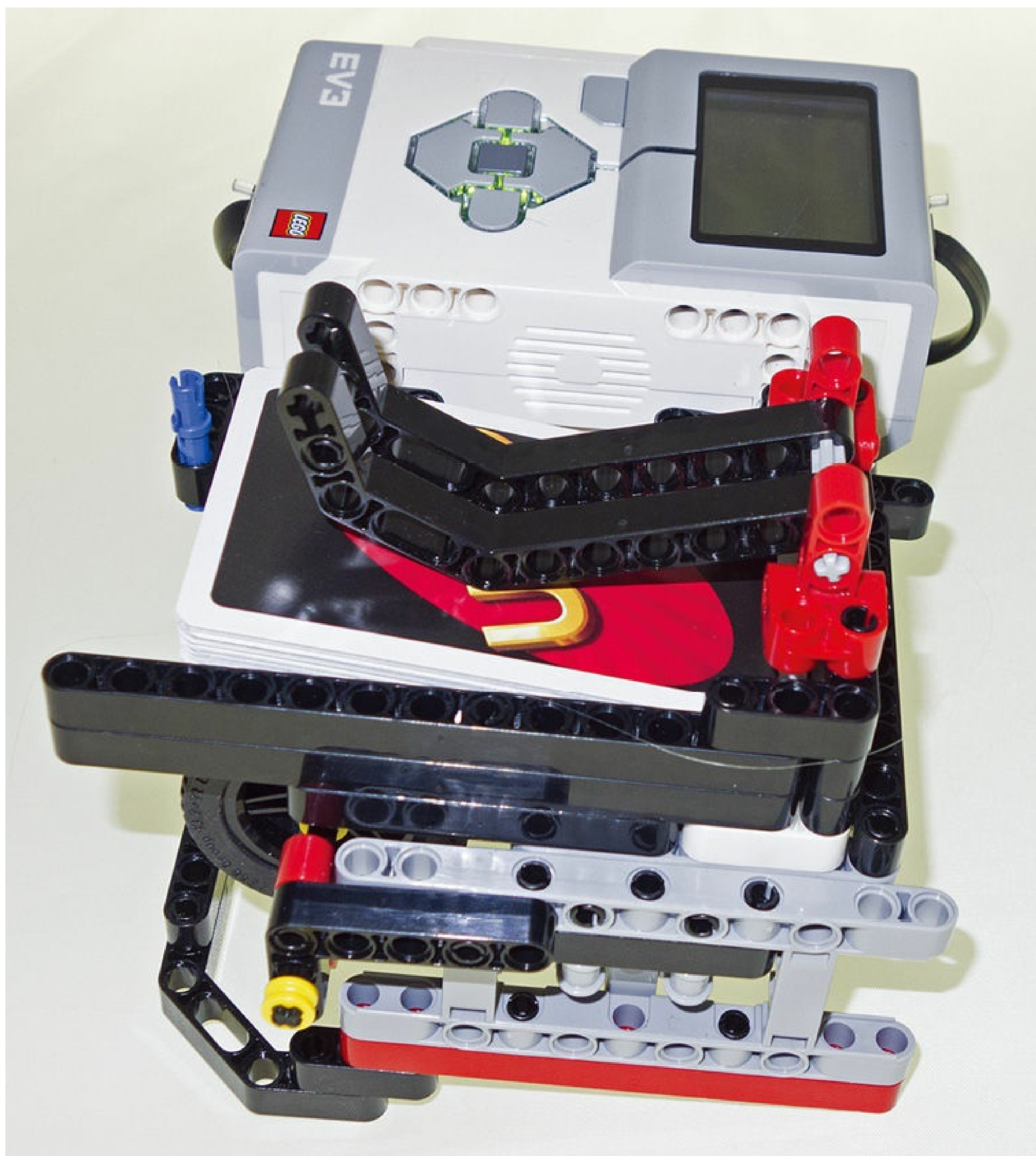


图10.19　两个双角度弯曲横梁给牌堆施加了一点压力，以确保牌堆保持在原有的位置

除了在牌堆的顶部施加压力以外，你也可以将一个蓝色的长销插入90度角的横梁中，从前面包住整个向下流动的纸牌。这样整堆的纸牌不会一次就全部滑落出去（如图10.20所示）。

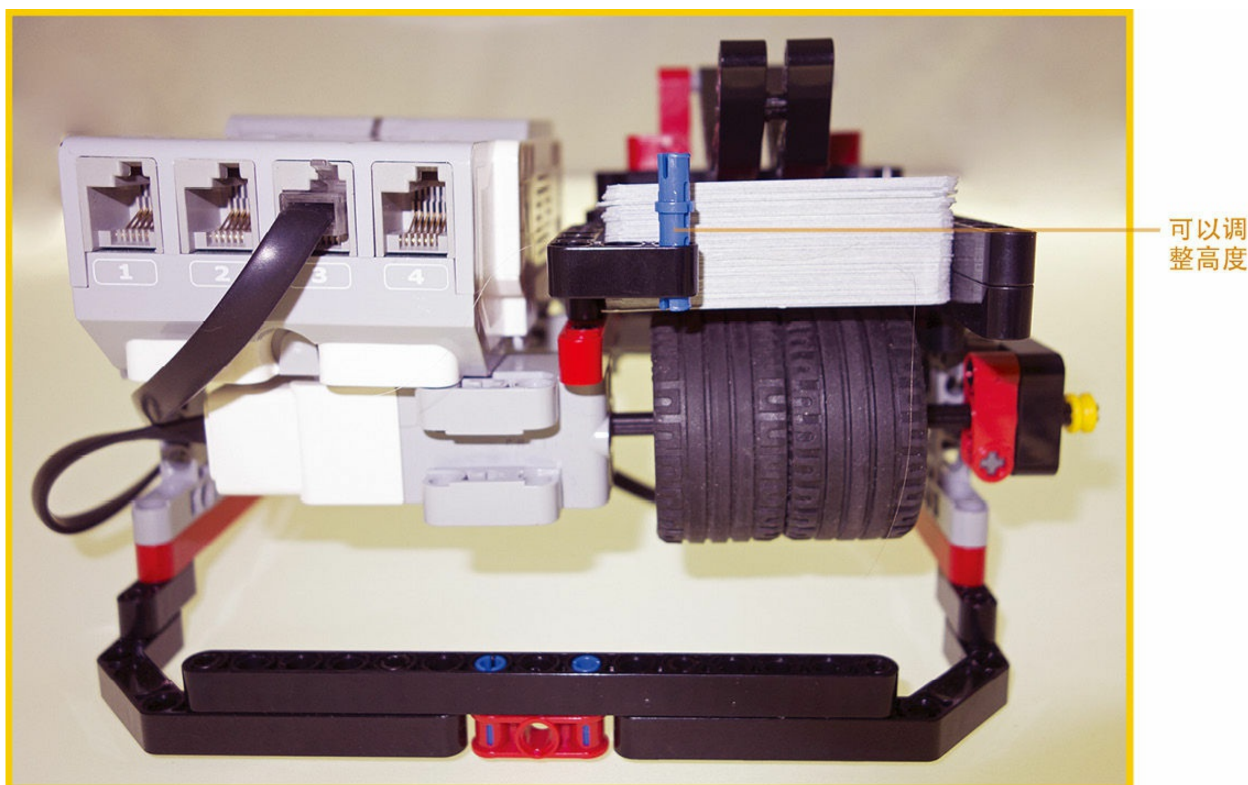


图10.20　小心地调整长蓝销的长度，确保只有一张纸牌可以从它下面通过

你可以单独看整个放置纸牌的装置，如图10.21所示。


UNO
©Mattel

图10.21　你可以将双角度弯曲横梁组成的胳膊整个举起，放入一堆纸牌

想要搭建放置纸牌的结构，你需要完成两个核心环节。

1．将两个红色的积木零件（一个分割两孔零件以及一个正规的零件）组装在一起，并用一个红色的3M轴将它们连接在一起，就像图10.22所展示的那样。

2．用一个黑销使两个双角度弯曲横梁分开，参照图10.23的方式将一根轴插入横梁中。



图10.22　用黑销将这个结构的两侧连接至用于支持的横梁中，重复两次。有两个方位的枢纽

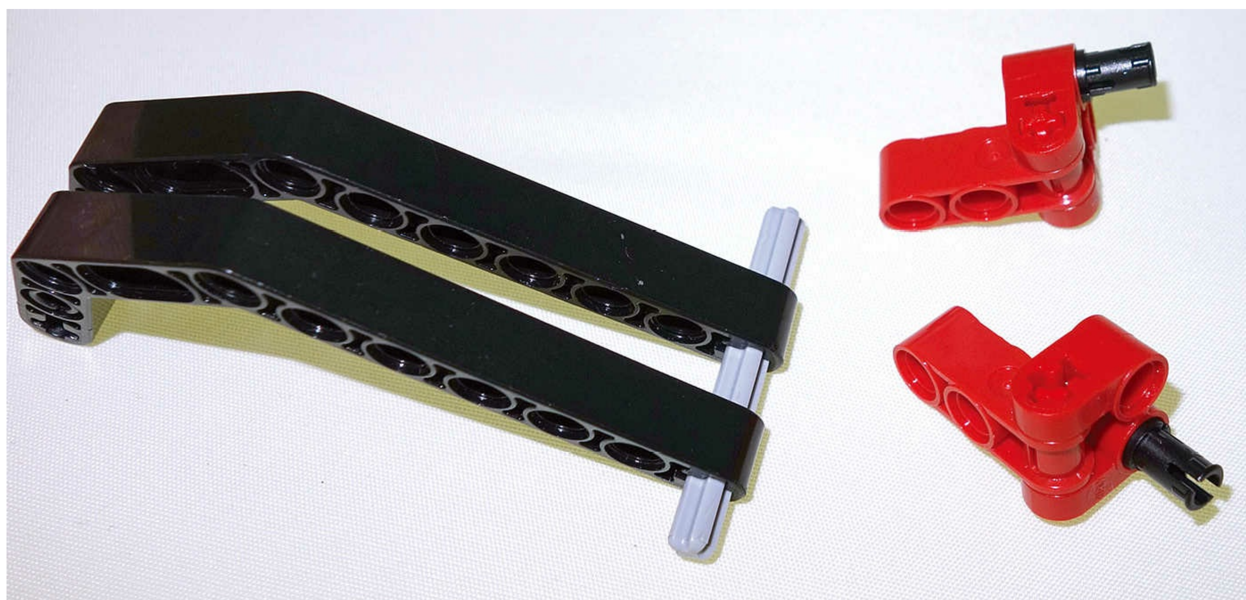


图10.23　双角度弯曲横梁以及轴已经准备好待安装了

3．将轴穿过红色直梁稍低一些的孔中，如图10.24所示。

4．用一个额外的直角横梁来完成纸牌置放装置的搭建，如图10.25所示。

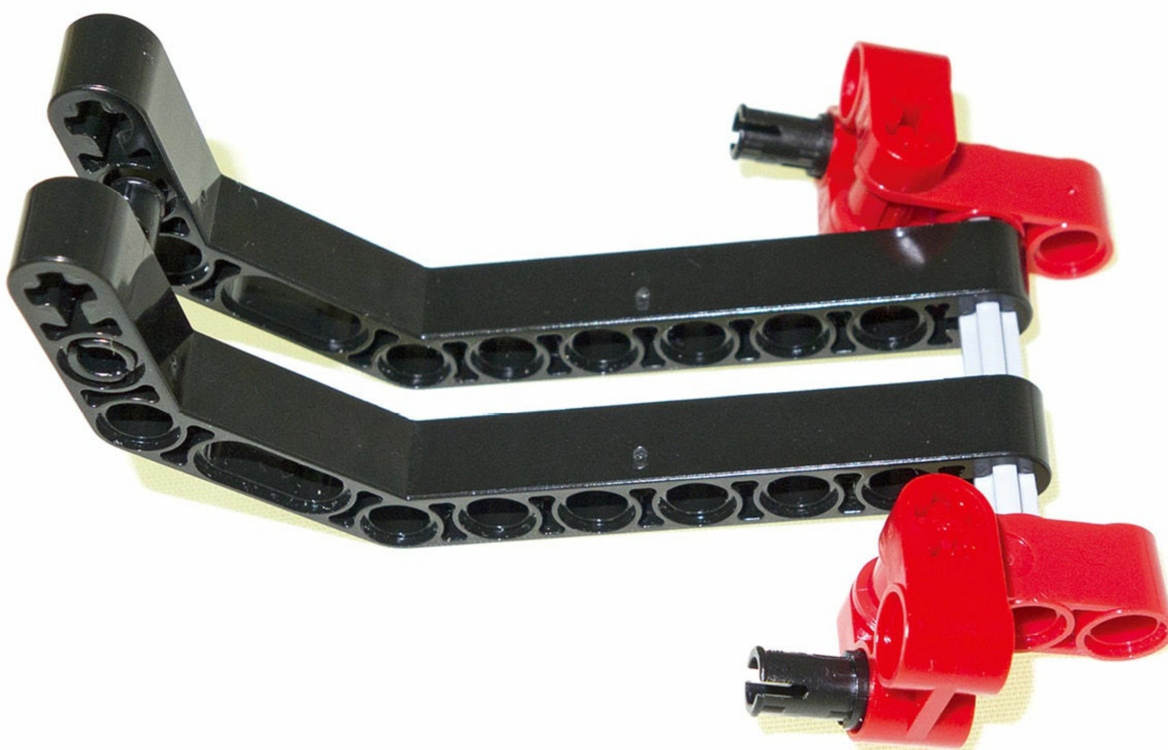


图10.24　将轴穿过红色直梁稍低一些的孔中。如果将轴穿过了稍高一些的孔中，那么直梁将会处于一个错误的角度

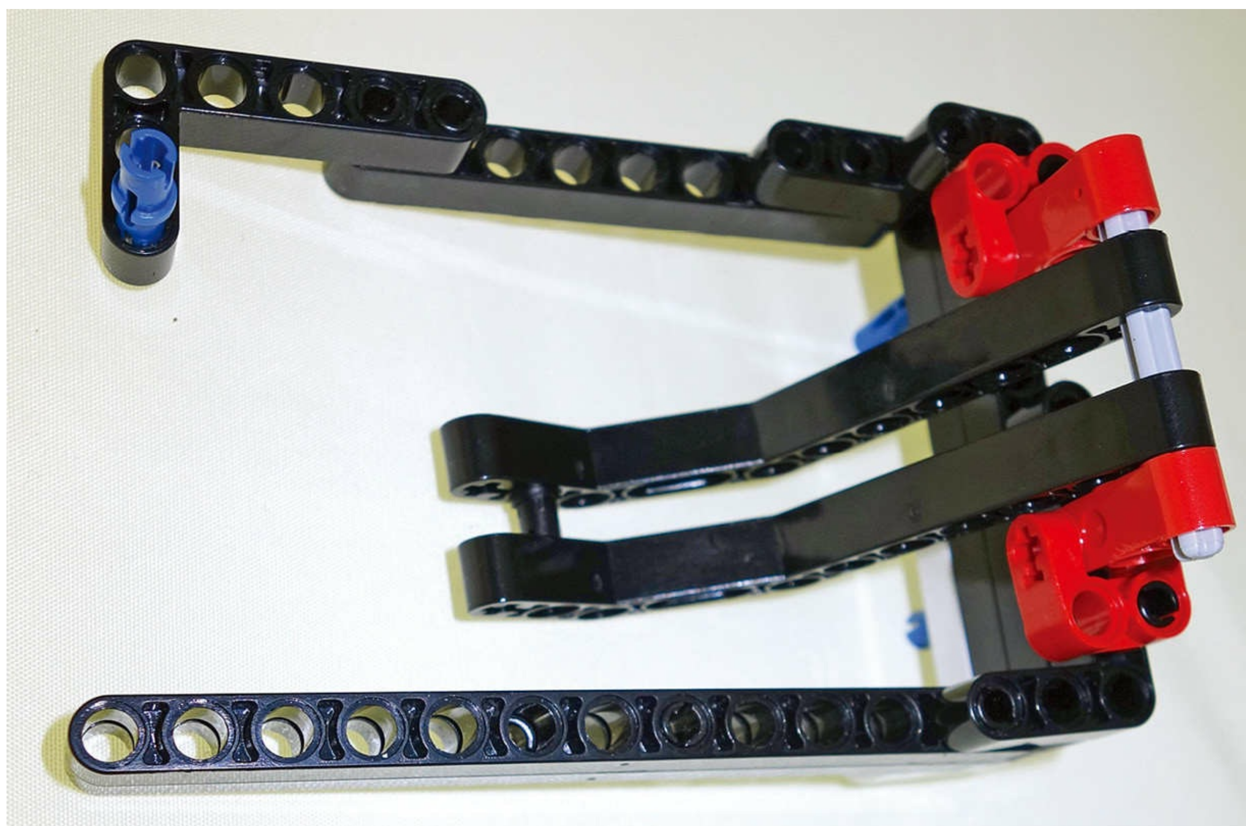


图10.25　完成后的纸牌置放装置

10.2　校准颜色传感器

我要告诉你的是，当颜色传感器感应特定颜色时，你可以采用测量反射光强度模式下的灰度值的方式来调整颜色传感器。很不幸，你不能这么做。EV3套装中的颜色传感器可以区分8种不同的颜色，也许你所考虑的颜色不是这8种颜色之一。然而，它的颜色范围使每一种颜色的识别都非常精准，你不能通过EV3家庭版软件的校准颜色传感器来改变这个颜色范围。在这种情况下，意味着你只能检查卡牌是否在传感器检测的颜色范围内。

> 注意
>
> 高级的使用者可以下载新的固件以及一个为颜色传感器量身定做的模型，感谢在http://www.mindcuber.com/中提供的Mindcuber搭建图。 Mindcuber是一个可以用EV3家庭版套装来搭建的魔方还原机器人，并且整体的程序的编写已经远远超过了EV3家庭版编程软件的标准功能。

校准你的颜色传感器。

1．确保你的传感器已经连接到了端口3。

2．启动智能砖。

3．在智能砖上按右键导航按钮，直到导航到“Port View”选项卡。

4．按下中心的按钮以选择“Port View”。

5．在智能砖上按右键导航按钮两次到端口3。它将会显示“COL-REFLECT”以提示现在颜色传感器已经处于反射光检测模式了。

6．按下智能砖中间的按钮，会让你选择模式。

7．两次按下向下的按钮，直到选中“COLOR”为止。

8．按下中间的按钮以选择“COLOR”模式。

9．如果没有颜色展示在颜色传感器前，屏幕上应该显示“0”。

10．将一张卡牌放在颜色传感器的前方。数字将会根据所展示的

颜色而变化，如图10.26所示。

颜色传感器的号码对应以下颜色。

0=没有颜色或是透明

1=黑色

2=蓝色

3=绿色

4=黄色

5=红色

6=白色

7=棕色



图10.26　颜色传感器显示数字6，也就是白色

因为不是所有颜色都在这个列表中，所以有些颜色将会被检测为另一种颜色。比如，橘黄色有可能被检测为黄色或是红色。注意你牌面上的任何颜色差异。如果这些差异比较特殊（紫色会被检测为红色，但是你不想要红色），你可以设置为其他相近的颜色。如果颜色传感器无法检测出两种颜色的不同点（比如，红色和蓝色都检测为蓝色），你就需要去掉牌堆中的一部分卡牌，以确保每张卡牌都会被检测为同样的颜色数值。

你的每一张卡牌都不应该检测到白色。我使用白色作为误差检测器。如果颜色传感器检测到了白色的边缘而不是彩色部分，那么就说明这张卡牌摆反了。

10.3　编写程序

在你准备开始编写程序时，请先快速地浏览一遍在图10.1中展示的流程图。在开始模块后的第一个步骤就是检测颜色。你需要使用颜色传感器模块，但是这将使你一遍一遍重复使用颜色传感器模块。流程图中的环节主要是检测颜色，所以在开始模块后的第一个环节应该是循环模块。接下来，将循环模块拖入到正确位置（如图10.27所示）。

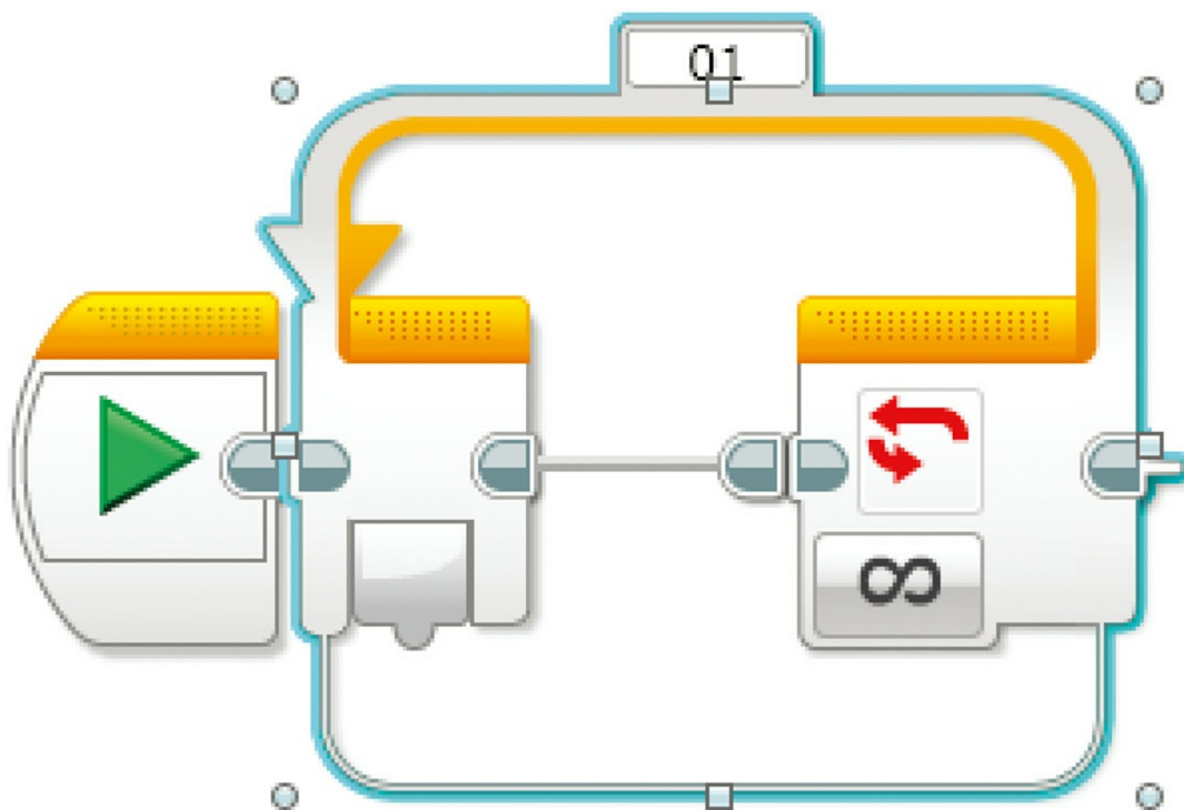


图10.27　容易忽略的循环模块

如果你现在还不太适应在这个编程页面中工作，那就重新浏览一遍第7章。

因为你知道循环模块在牌堆中的所有纸牌都检测完毕后应该停止，所以将模式改变为“颜色传感器——比较——颜色”。（记住，你可以单击模块的“模式”区域来改变模式。）选择0或是“无颜色”作为要检测的颜色（如图10.28所示）。注意一定要只选择0（在其他程序中，你可以

选择许多颜色，但是这个程序不可以），而且还要双击以确定传感器模块对应的是端口3。

现在这一小步就已经完成了，在检测到没有颜色的时候，这个循环模块就会结束，但是只要有颜色能够检测到，它就会一直保持循环。

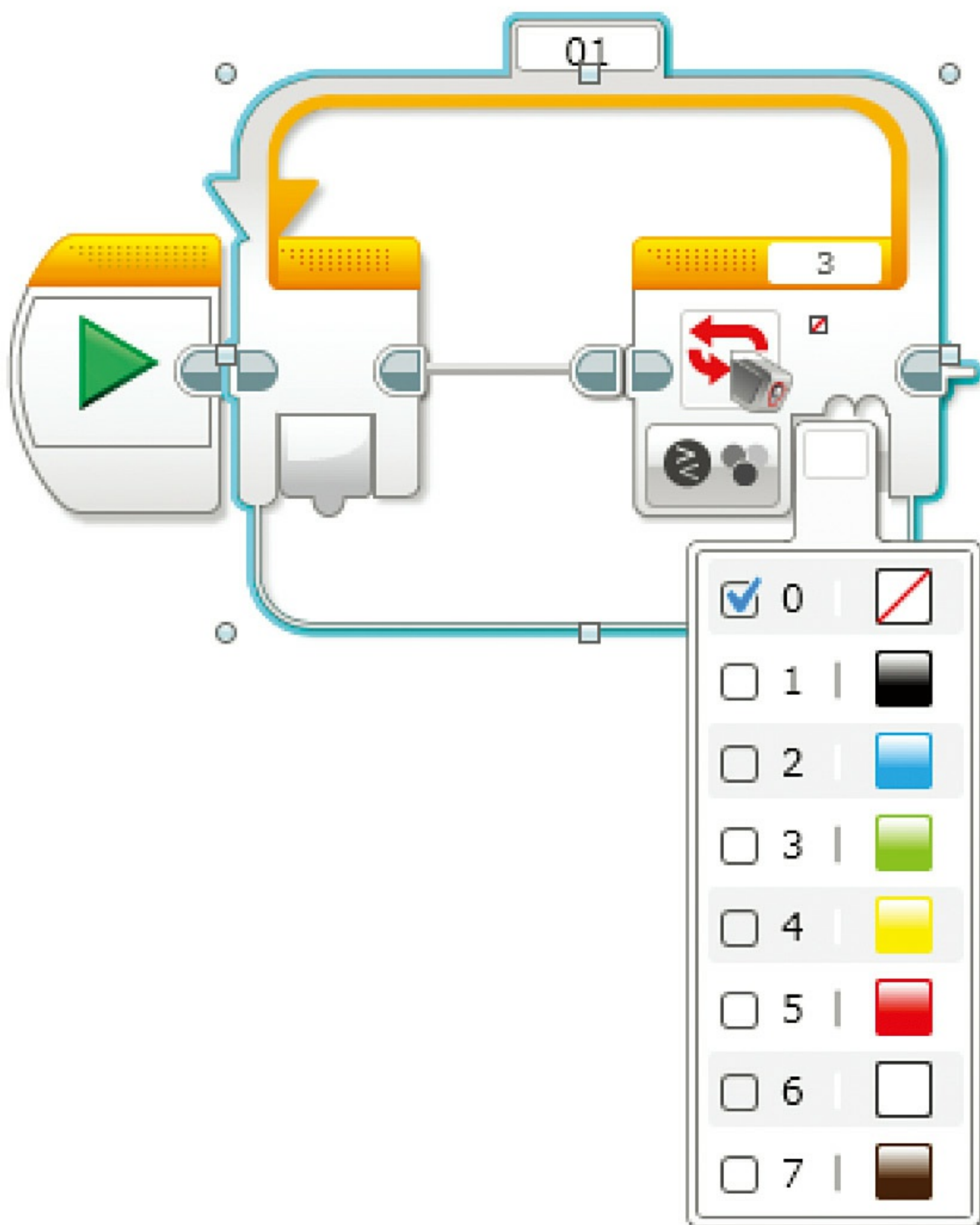


图10.28　确保只有0被选择

10.3.1　检测颜色

下一个需要解决的问题就是检测颜色了。是的，你恰恰可以使用颜色传感器模块来完成这个任务。在某一种颜色被检测到的时候，你需要使机器人做出一些行动。你可以使用串联的切换模块。你也可以简化这一步，使用切换模块中的一个强大的功能。首先，按照顺序拖入一个循环模块，然后将模式转变为“颜色传感器——测量——颜色”（如图10.29所示）。

需要进行切换的两个颜色模块是黑色和无颜色。因为在循环跳出的模式中已经选择了无颜色，所以要将切换模式测量颜色中的无颜色改成白色。

还记得我曾经提到的强大的功能吗？直到现在，你只是用切换模块判断二进制的情况。事情是真还是假。实际上你可以增加更多的情况，单击切换模块左上方微小的加号按钮。

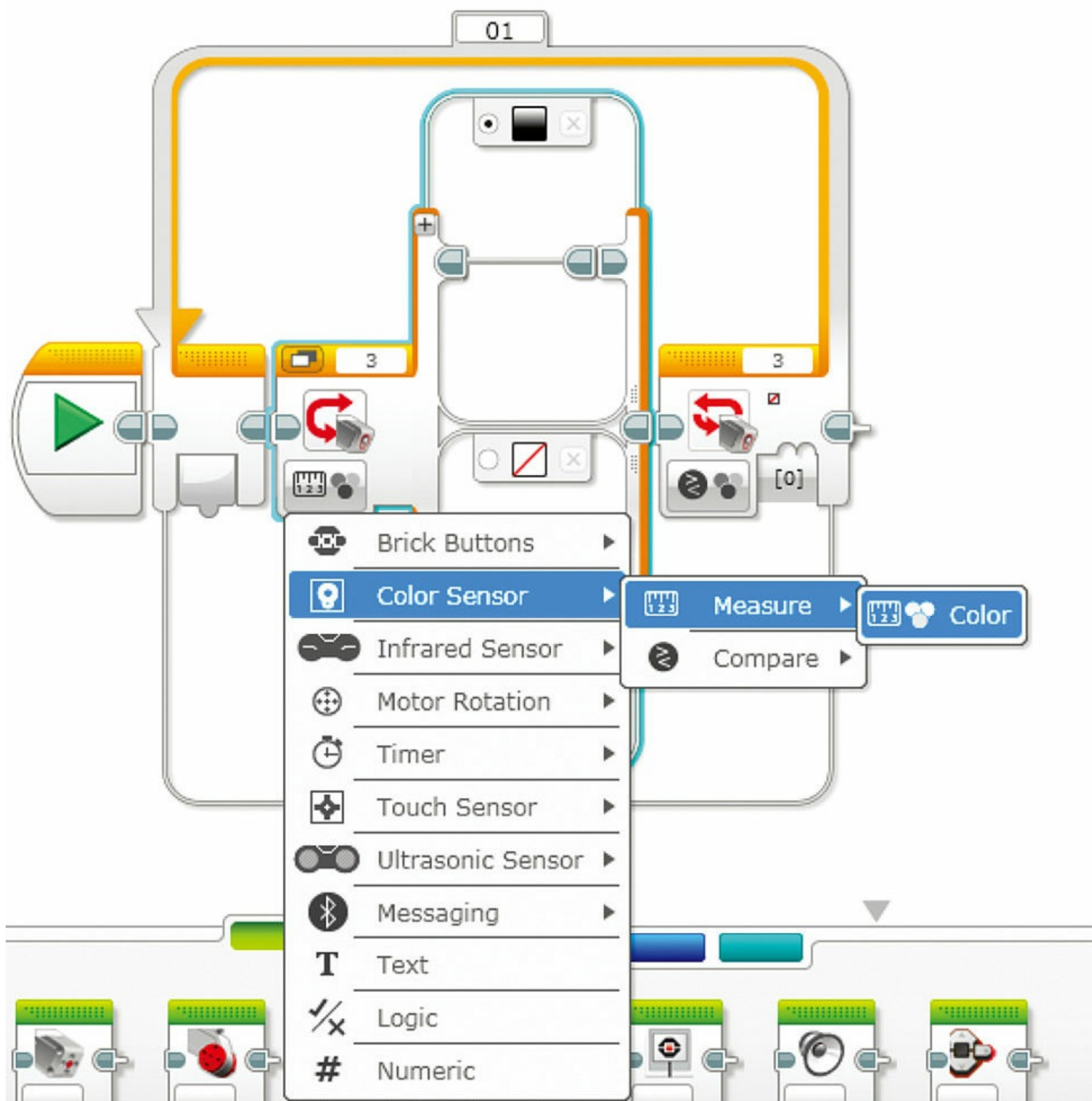


图10.29　在循环序列中加入一个切换模块

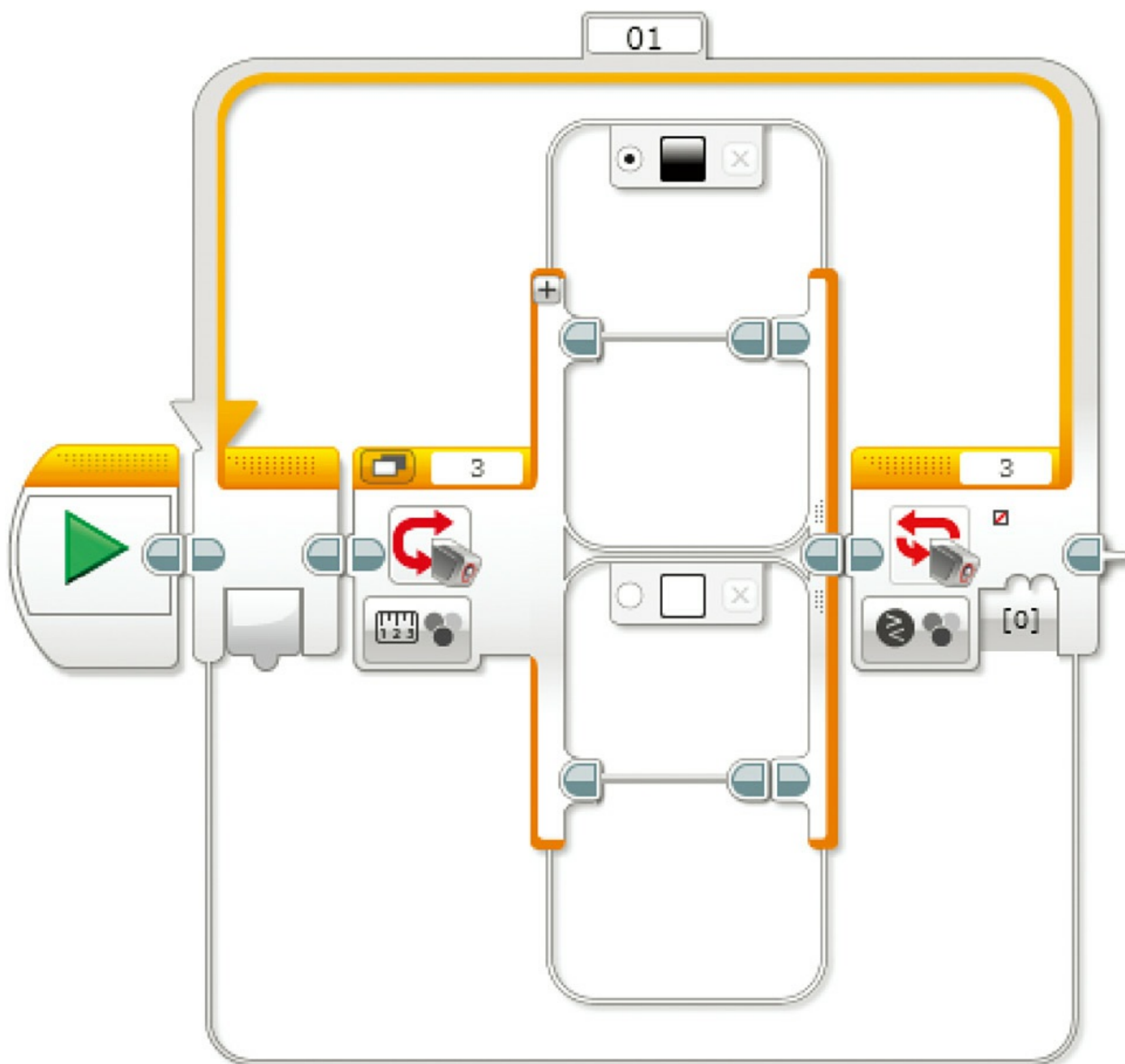


图10.30　单击这个加号以增加新情况

你可以将这种新情况改变成“蓝色”或是任何你想要处理的下一张纸牌。你可以继续进行，并增加更多的模块来检测纸牌的颜色。

你也许会注意到，只添加了一个额外的模块，这个循环就变得非常长并且还有些细。如果你愿意的话，可以用“选项卡视图”来处理一下（如图10.31所示）。这是另一个在切换模块中十分容易被错过的模块。

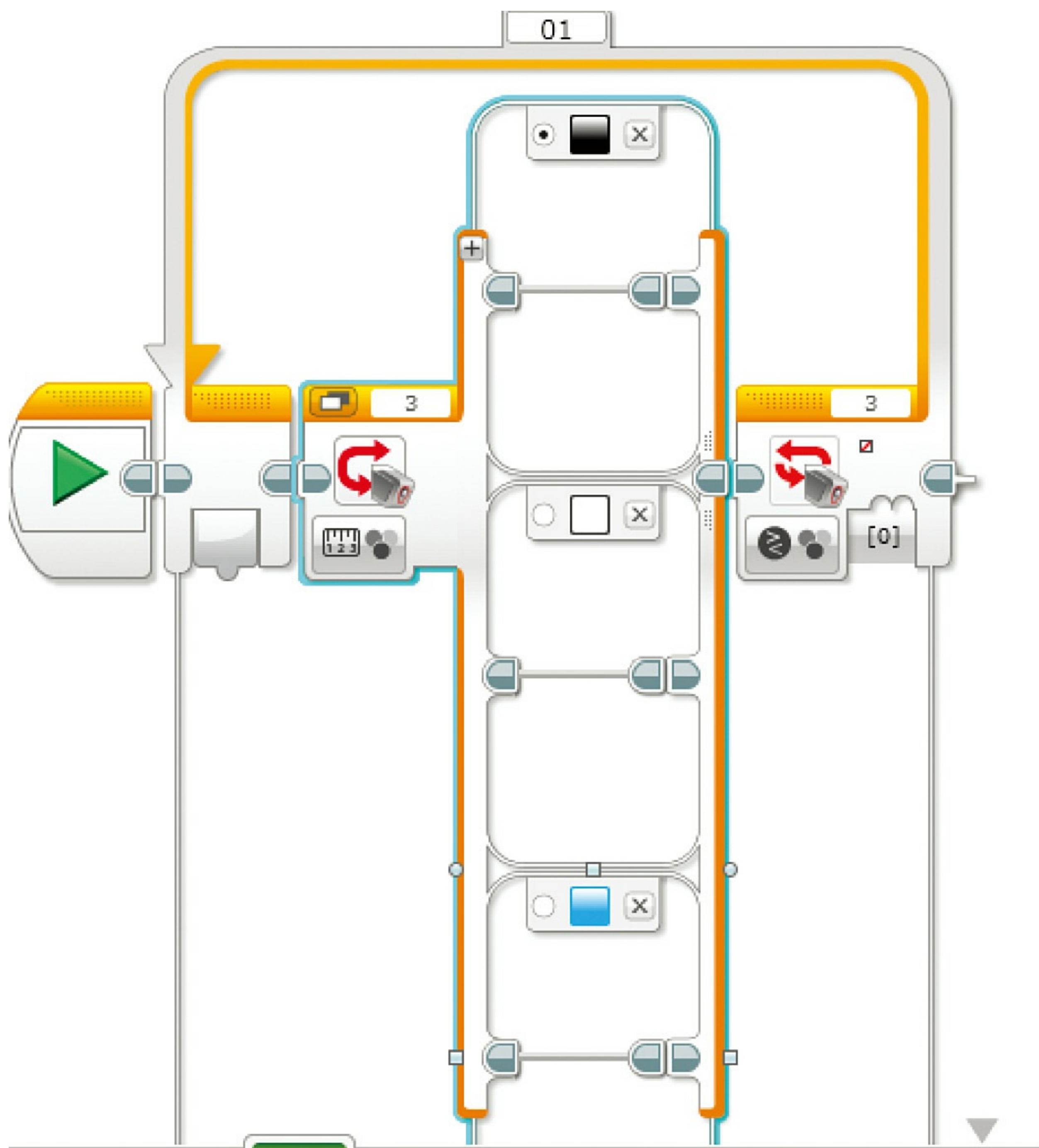


图10.31　单击“选项卡视图”按钮以调整循环模块的长度

在选项卡视图中，这些小模块占有的所有空间只与一个模块所占有的空间相同，而且你只需要单击左边或是右边的箭头来在这个大切换模块中浏览小的模块。单击其中的一个模块以选择。如果这个程序十分复杂，你可以一直不停地单击“选项卡视图”按钮来浏览模块。

10.3.2 播放声音

现在，你已经完成了切换模块的编程。回到图10.1中的流程图，去看看下一步应该做什么。你可以看到，每个颜色都应该使机器人发出一个声音，声音中要描述是什么颜色，然后转动轮子以推出这张纸牌。唯一的例外就是白色，需要反方向转动轮子（重新对齐纸牌）。

想要选择播放的音乐，首先将一个声音模块拖动到相应的切换模块。将模式调整为“播放文件”。对于文件名来说，选择“LEGO声音文件——颜色”，然后找到跟切换模块中的颜色所匹配的那个。在图10.32中，切换模块使用的颜色是黑色，因此我们选择了黑色所对应的声音文件。

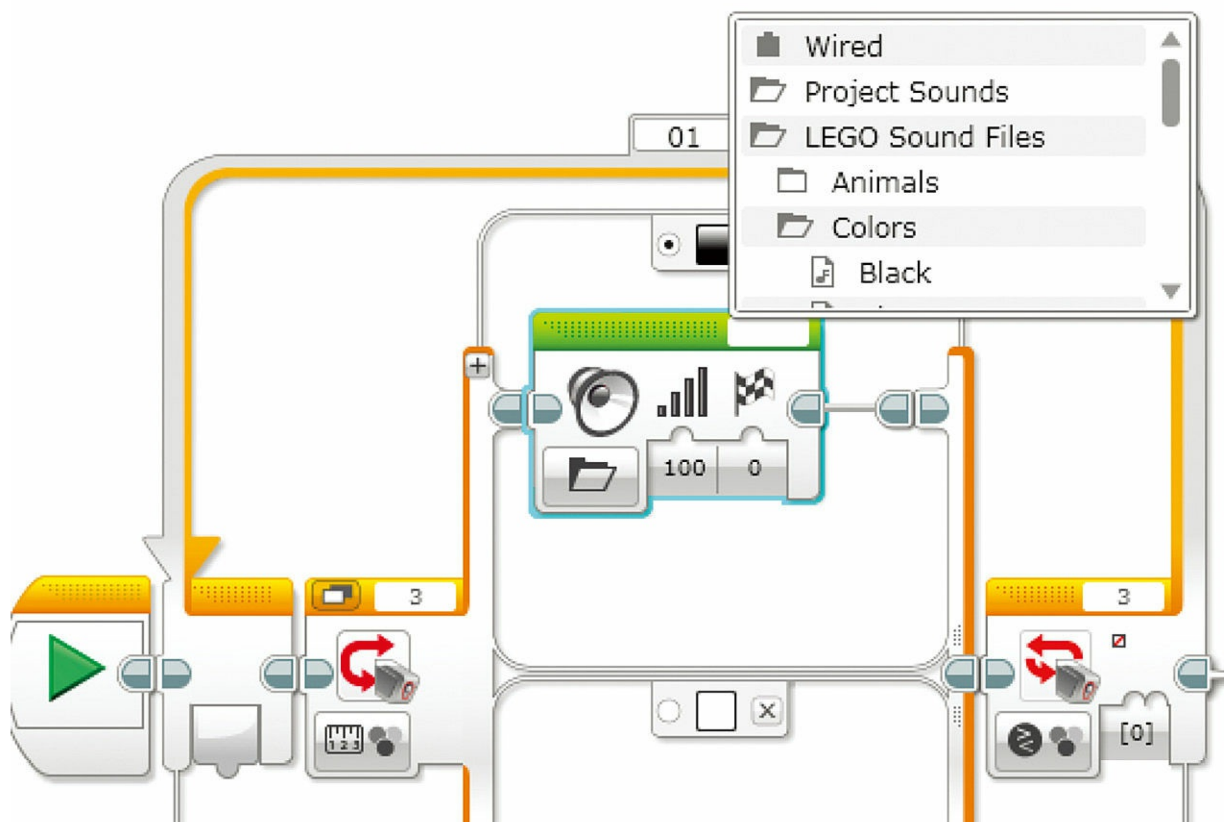


图10.32　选择适当的声音文件

将声音模块拖至每一个切换模块中，并且选择与声音匹配的适当的声音文件。对于白色，打开“LEGO声音文件”后找到其中的“信息”，再找到“Error Alarm”。

10.3.3　加入电机模块

现在，你需要使电机开始工作了。在循环模块后面加入一个“中型电机”模块。你需要测试你的程序，以此为纸牌找到恰当的数值设定。机器人应该正确地推出纸牌并保持剩余的牌堆对准出牌口。在我的机器人上，为这个任务所设定的数值分别是：电机功率61，时间0.2秒，如图10.33所示。

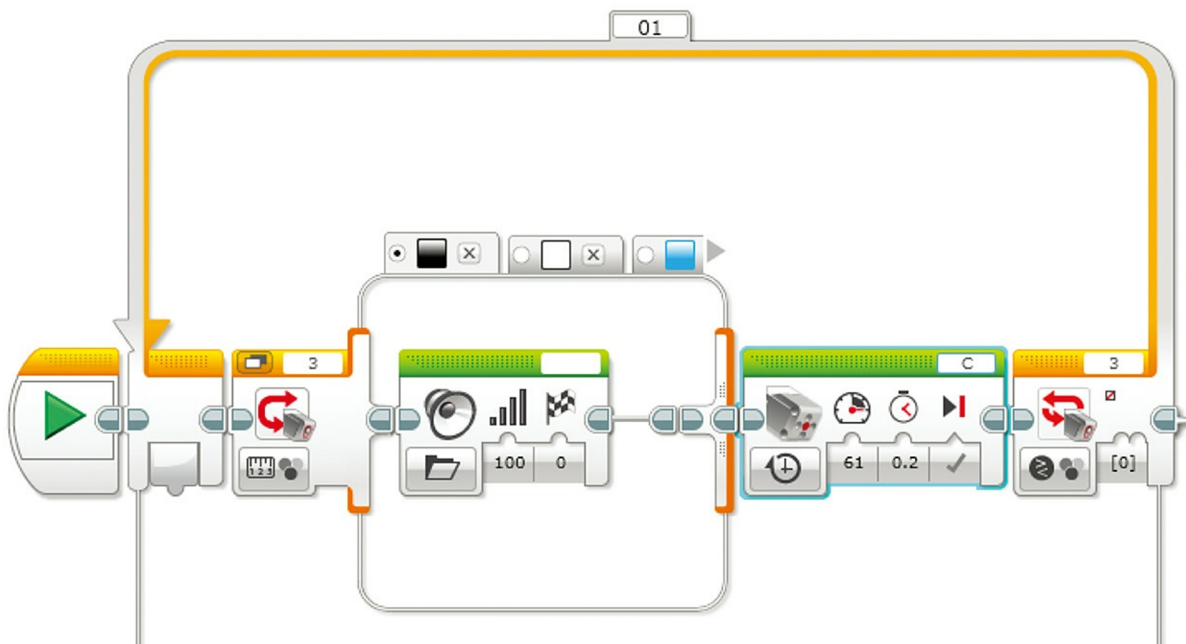


图10.33　中型电机刚好有足够的力量推出一张纸牌

为了重新排列方向偏离的卡片，需要添加一个中型电机模块到画布，并在−61的功率下转动0.2秒。这意味着它将会转向相反方向。接下来，测试你的机器人，放置所有的纸牌并运行这个程序。理想情况下，它将会按序通过所有的纸牌，并且在报出该纸牌的颜色之前确认其底部的颜色，随后处理这副牌当中的下一张。这个程序将会在所有的纸牌都处理完后停止工作。如果有的纸牌未能与传感器对齐排列，那么就要把轮胎倒回来重新尝试通过当前的这张纸牌，直到这张纸牌顺利通过并被确认颜色位置。在这个过程中，你很可能还是会遇到多张卡牌被跳过的情况，可以尝试通过实验来避免这种问题。

10.4 小结

想出不同的解决方法是机器人搭建的挑战之一，正如你在本章了解到的，有时你需要通过大量的实验和试错来找到一个工程的解决方案，这样机器人才能完成任务。在本章中，你搭建了机器人并为其编写了程序，使得机器人可以顺序通过一副扑克牌，并能够确定每一张纸牌底部的颜色。在下一章中，你将能够完成更复杂的任务，并学会同时控制多个机器人。

第11章 菊链项目

你已经学到很多关于如何使用EV3的传感器以及电机来为机器人创造程序的知识了。但是， EV3真正实力中的一部分是要将最多4台EV3智能砖菊链在一起来创造更加智能化的程序。

对于这一章中的课题，我采用了一个LEGO教育版的EV3套装以及一个EV3家庭版套装。不过，你也可以将两个家庭版的智能砖或是不同套装的智能砖连接在一起。只要你准备好了智能砖，就已经具备所需要的东西了，也就是说，只要它们的核心是一样的就可以，即使这个套装中的其他零件并不相同也没关系。

想要让多台EV3智能砖一起工作，既可以通过使用USB数据线来将一个智能砖连接至另一台设备（也就是菊链），也可以在建立蓝牙连接的基础上，进行信息传输。当机器人被进行菊链后，其中一个智能砖会扮演控制者的角色，可以控制其他智能砖上的传感器以及电机部分。你只需要制作一个程序，然后所有的EV3智能砖都会执行这个程序。如果机器人通过蓝牙连接在一起，那么每一个智能砖都是独立的，并且各自使用独有的程序，不过可以通过编程的方式来改变它们的活动状态以及反馈，来使这些机器人间互相建立联系。

11.1　菊链测试

这个菊链测试只是一个快速的实验，用来演示在你将两个EV3智能砖菊链在一起后将会发生的情况。

1．准备两个EV3智能砖，并使用EV3套装中所配备的USB数据线将它们连接在一起。 USB线有一个小连接头和一个大连接头。将大的连接头插入1号智能砖的侧面，将小连接头插进2号智能砖的顶端。

2．将一个触动传感器连接到2号智能砖的传感器端口1。

3．用一根轴将一个中型电机连接上一个轮胎。

4．将装好轮子的中型电机连接至1号智能砖的电机端口A。

用来测试的机器人外观应该与图11.1相似。



图11.1　用于测试的机器人已经准备就绪

对于测试的机器人所需使用的程序，你无法在智能砖与电脑之间建立蓝牙连接。很不幸，这是因为在智能砖处于菊链状态下时，想要使蓝牙系统正常工作是一件非常困难的事。不过，你可以将程序下载至一个SD卡中或是用另一个USB线将智能砖与电脑连接在一起。

11.1.1　为你的智能砖编号

还记得连接中型电机的智能砖是1号智能砖吗？为了避免混乱，也许你会想用一些实物标志来区分智能砖。一段胶带或是一张有黏性的便条将会是不错的选择。在图11.2中，我使用了一块黏性较小的可书写胶带。



图11.2　用可以书写的胶带或是一张有黏性的便签来表示智能砖的编号，比较容易进行区分

记下智能砖的号码，对于你编写测试程序将会是非常重要的。这个程序是比较简单的，但是它仍然需要一些简单的步骤来为菊链做准备。

1．在EV3家庭版编程软件中启动一个新的项目。

2．单击屏幕左上角的“项目属性”（如图11.3所示）。

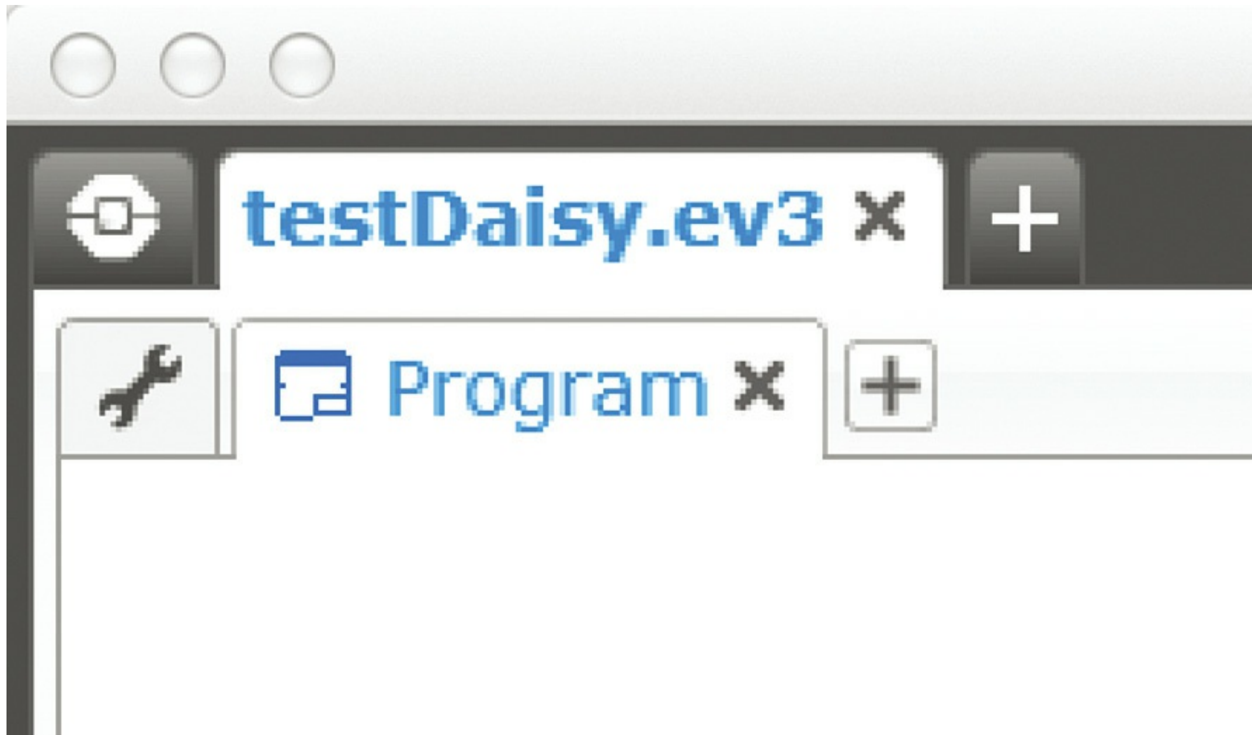


图11.3　项目属性的图标看起来就像一个扳手

3．　勾选“菊链模式”所在的方块来激活这个模式（如图11.4所示）。

4．　单击“Programs”图标，回到编程面板上。

你会发现许多编程块的顶部现在有多个选项。举个例子，将一个中型电机模块拖入至编程面板中，你将会看到除了一个端口的选项外，还有一个智能砖层数的选项（如图11.5所示）。

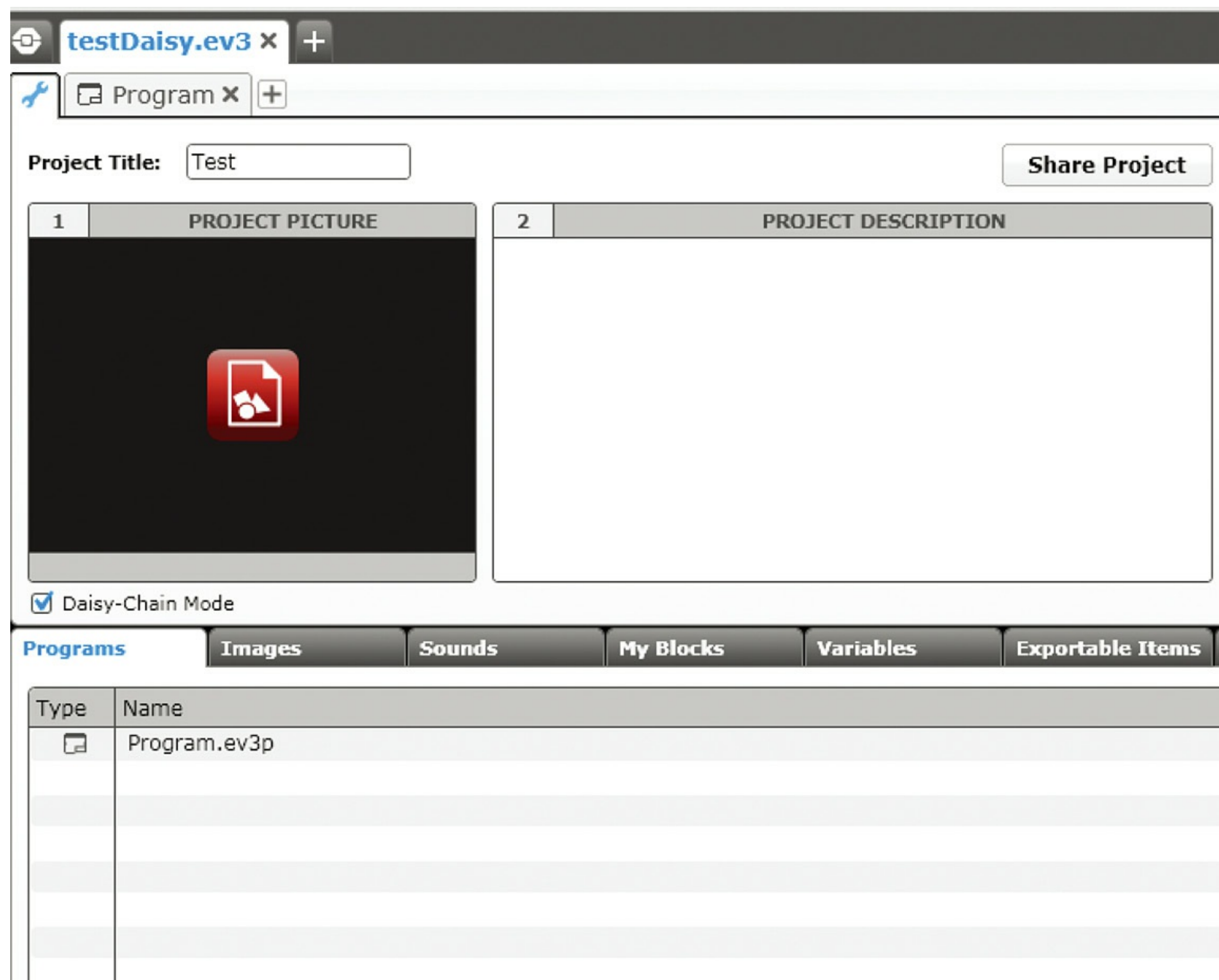


图11.4　开启菊链模式使你能够为两个或是更多被链接在一起的智能砖编程

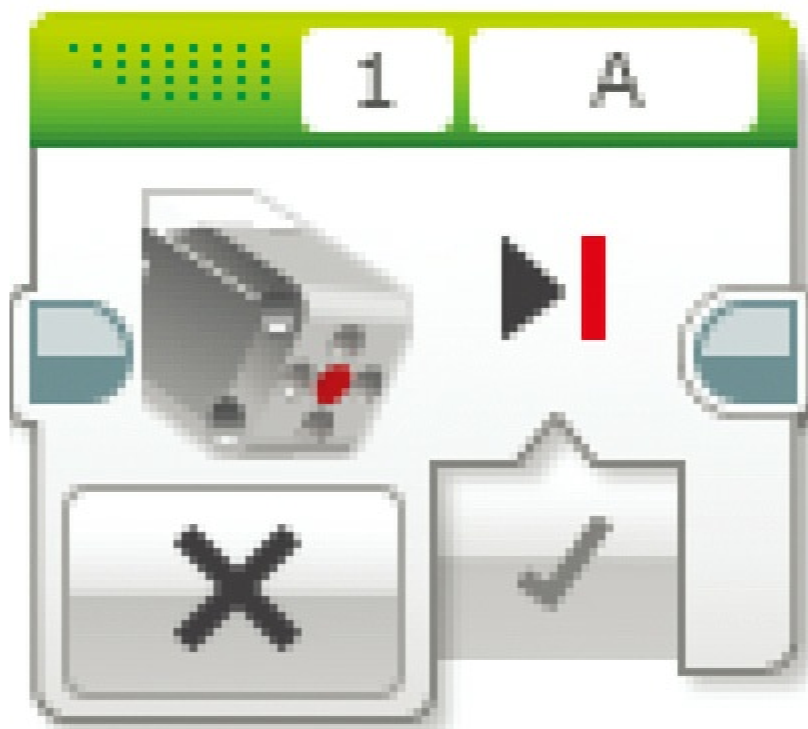


图11.5　左边的方块用来选择智能砖层数，右边的用来选择端口

所谓的层数和智能砖的编号是一样的。如果你单击点开了如图11.6所示的“智能砖层号”按钮，你将会看到4个可选的数字选项以及一个“数据线”选项，这个“数据线”选项可以通过数据线与主机的连接来传输信息，以测定智能砖层数，这就相当于定义了一个变量。举个例子，也许你想随意地选择采用某一个智能砖层数，因此你会选择一个变量模块以产生一个数字。你也可以选择使用传感器的数据传输来进行行动测定。

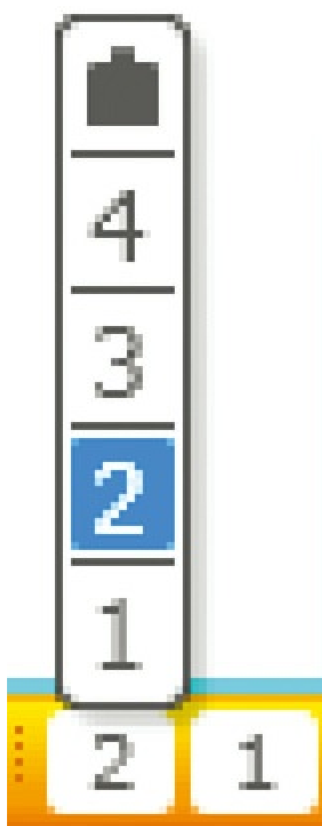


图11.6　层数号码明确地规范了哪一个编程模块控制哪一个智能砖

11.1.2　为测试编程

现在，在知道一个菊链程序的工作原理后，你可以使用一个循环模块、一个切换模块以及两个电机模块来完成这个简单的测试程序。

1．将一个循环模块拖曳到编程面布中开始模块的旁边。

2．将一个切换模块直接拖入到循环模块当中。

3．将切换模块的层数选为2号。

4．将端口的数字选为2号。

5．将切换模块的模式选择为“触动传感器——比较——状态”。

6．将状态的模式选为1号（这是当传感器上的按钮被按下时的状

态）。

7. 在切换模块“真”的判定中，拖入一个中型电机模块。

8. 将中型电机的模式选择为“开启”，层号选择为1号，电机端口为A。

9. 将这个模块复制并粘贴到切换模块为“假”的判定中，不过要将模式选择为“关闭”。

你的程序应该看起来与图11.7类似。

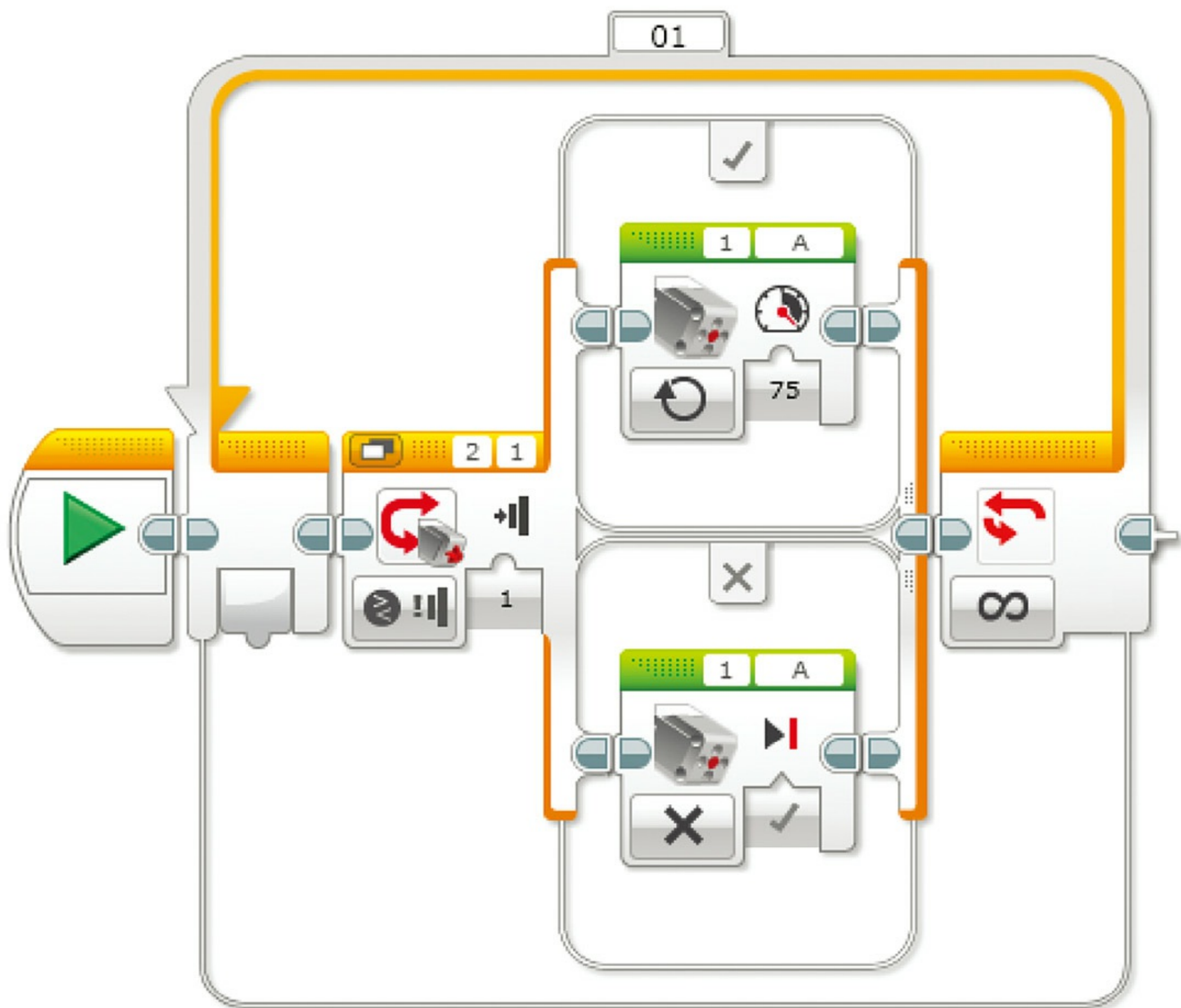


图11.7　为你的智能砖准备的一个简单的测试程序

这个程序的目的是，在你按下触动传感器上的按钮时，电机将会转动。电机要与一个轮子连接起来，以使转动表现得更加直观。这个测试最核心的部分在于，触动传感器的按钮在其中一个智能砖上，电机在另一个智能砖上。两个智能砖必须连接起来，否则这个程序将不起作用。

注意

有一些模块是不允许你改变智能砖的层数号码的。显示、程序块按钮、程序块状态灯以及声音模块是与处于菊链状态下的第一个智能砖（也就是层数1）绑定的，只能由1号智能砖控制。变量、定时器以及一系列相似的进行计算的模块也只能由层数1控制。如果一个模块无法把任务指定给另一个层数，那么它只能在1号智能砖上工作。

现在是时候测试这个程序了。使用第二根USB线将你的电脑与1号

智能砖上的端口连接起来并且运行这个程序。当你按下触动传感器上的按钮后，电机将会启动并旋转轮子。如果它没有启动，尝试检查你设置的层数号码。请确定你在智能砖上设置的所有物理标签都保留了最原始的状态。

用其中一个智能砖上的触动传感器，另一个智能砖上的电机以及一个正在旋转的轮子，清晰地展示了两台智能砖在协同工作。

11.2　搭建一个菊链机器车

让我们使这个实验更进一步，并且搭建一个基础的两轮机器车。在这一环节中，两个轮子必须协同工作，以使这个小车可以在事先预置好的场地中进行圆周运动。图11.8展示了这一课题的流程图。

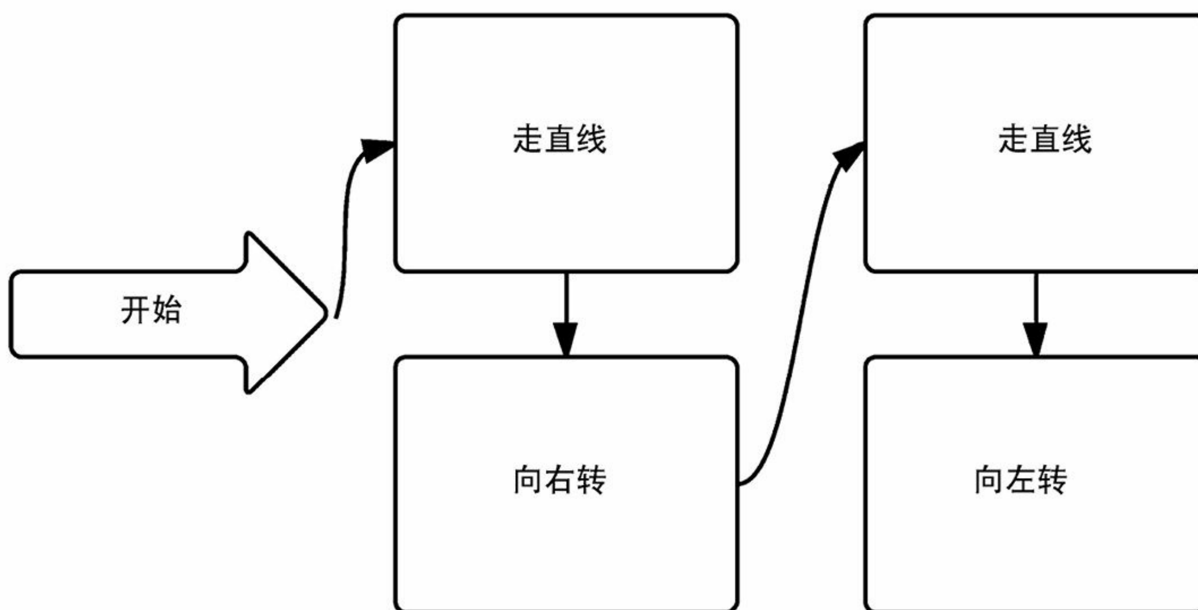


图11.8　小车应该大致沿图中的顺序进行运动

现在让我们开始搭建这辆小车。这一课题使用了LEGO EV3教育版中的零件、LEGO拓展配件箱以及LEGO EV3家庭版套装。你将会用两个超大号的轮子搭建这个小车，并将一个万向轮安装在中间来稳固这个小车。

11.2.1　安装轮子

建立这种机器人的第一个任务是组装车轮，按照下列步骤操作。

1．将一个8M的轴插入大型电机，如图11.9所示。

2．在轴上套入一个红色的轴套。



图11.9　一定要确保你使用的轴末端带有截面，这样你只需要在电机的一端添加轴套，以确保电机能够保持在正确的位置

3．将一个带有轮毂的大号轮胎套在轴上。

4．再加入另一个红色的轴套以确保轮子保持在正确的位置上。安装好的轮胎两边应该都用红色的轴套，形态应该看起来与图11.10类似。



图11.10　安装的这个轮胎应该是你的套装中超大号的轮胎

5．使用同样的步骤，将另一个轮子安装在电机上，但是这一次要将轴插在大型伺服电机的相反方向上，这样你就完成了两个镜像型电机的搭建。

6．将两个横梁用一根3M的轴连接在一起，如图11.11所示。

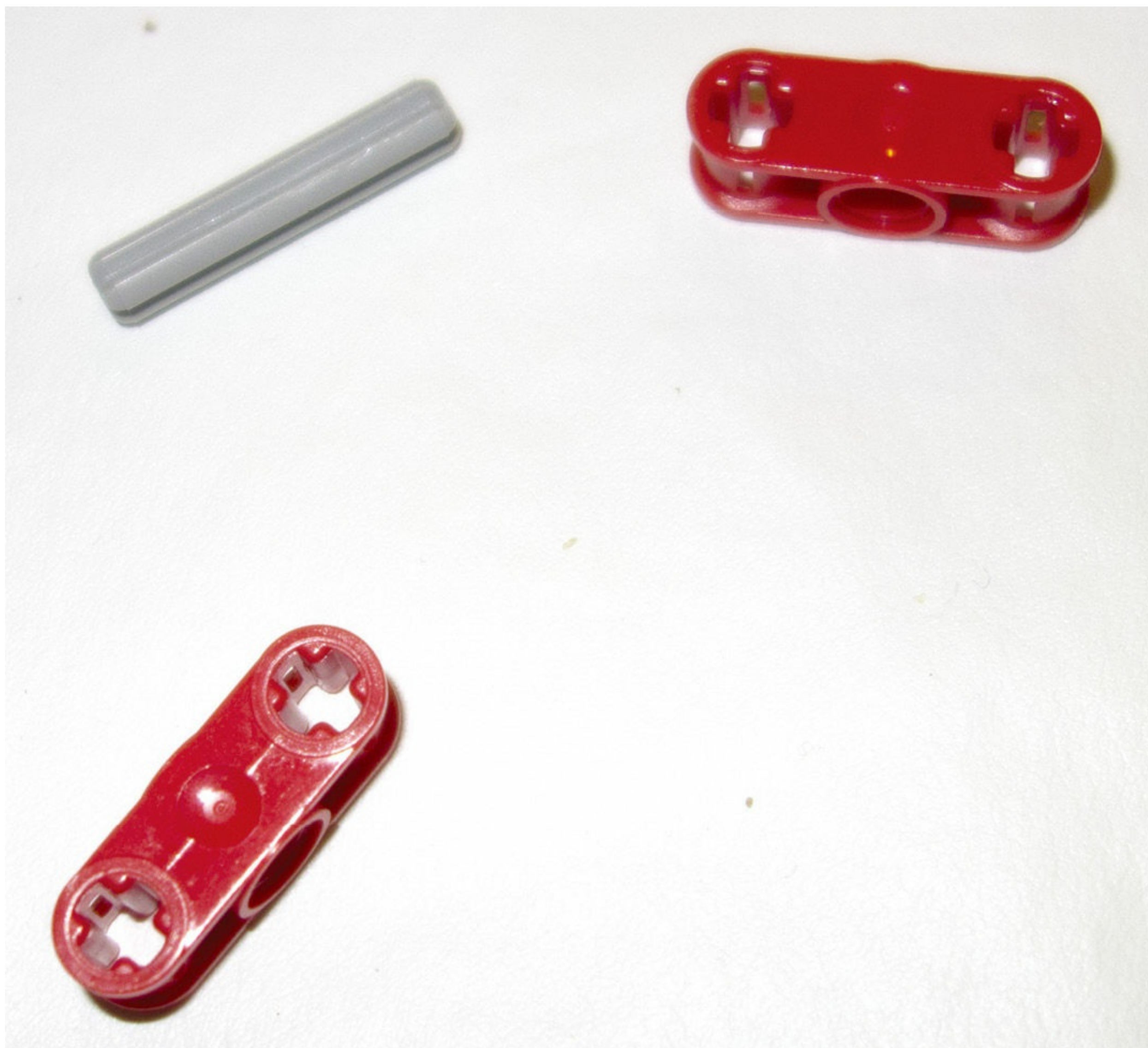


图11.11　确保你实际上搭建了两个相同的结构，安装到每个轮子上

7．在大型伺服电机的顶端可穿入轴的孔洞的两端，放置这两个穿入式零件，并用一个长3M的轴来固定它们，如图11.12所示。

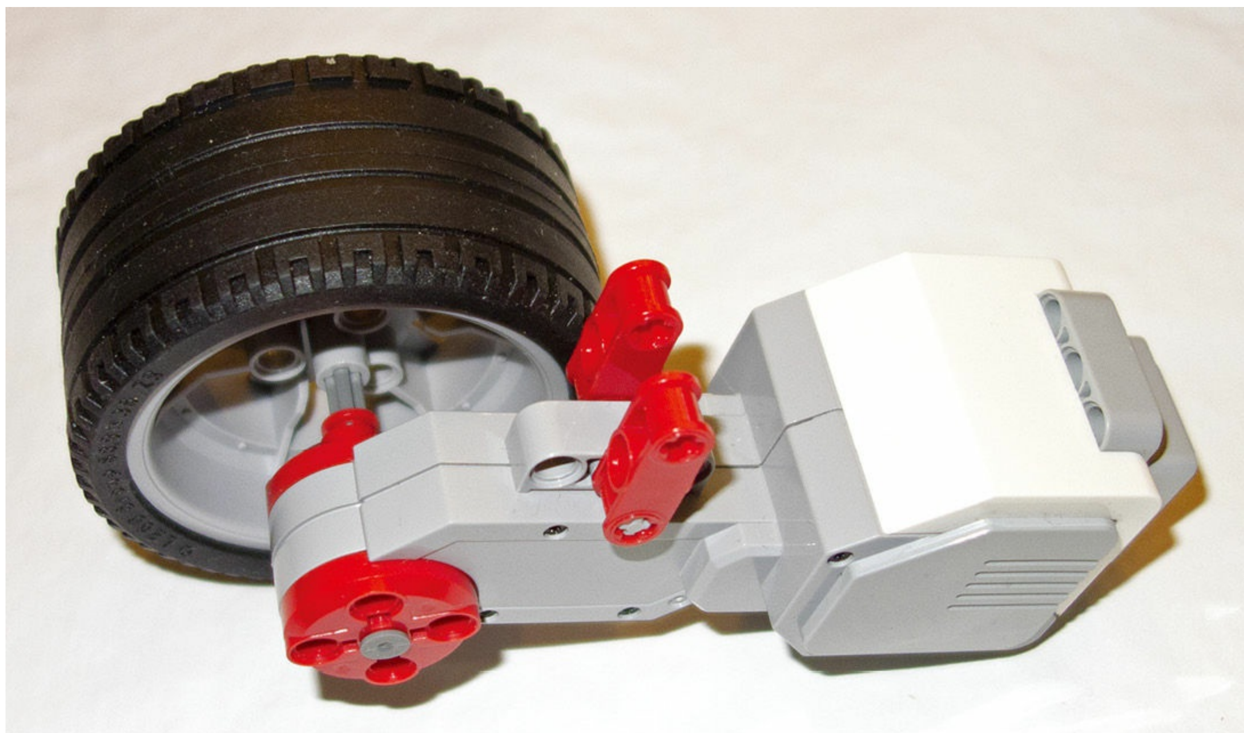


图11.12　这个结构能够保证在不连接任何其他零件的情况下，保持轮子的稳定性

8．将黑色的销安装在一个框梁上，如图11.13所示。

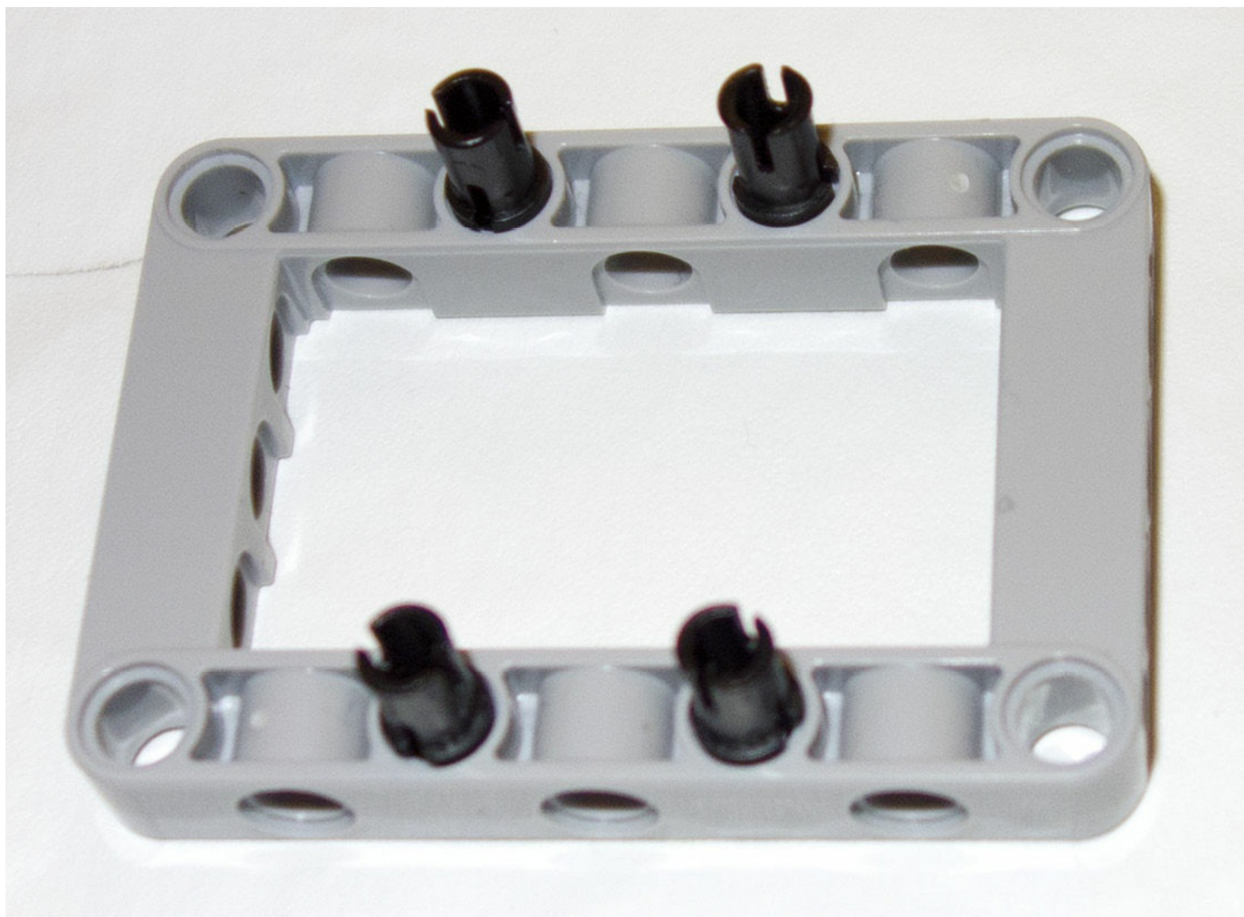


图11.13　在框梁上安装4个销

9．将这个框梁安装在大型伺服电机四周的连接孔上，如图11.14所示。



图11.14　将这个框梁安装到大型伺服电机上

10.　整个安装好的轮子结构应该看起来与图11.15类似。重复这些搭建步骤，这样你就有两个相同结构的轮子了。

11.　将USB线连接至第一块智能砖的侧面以及第二块智能砖的顶端。

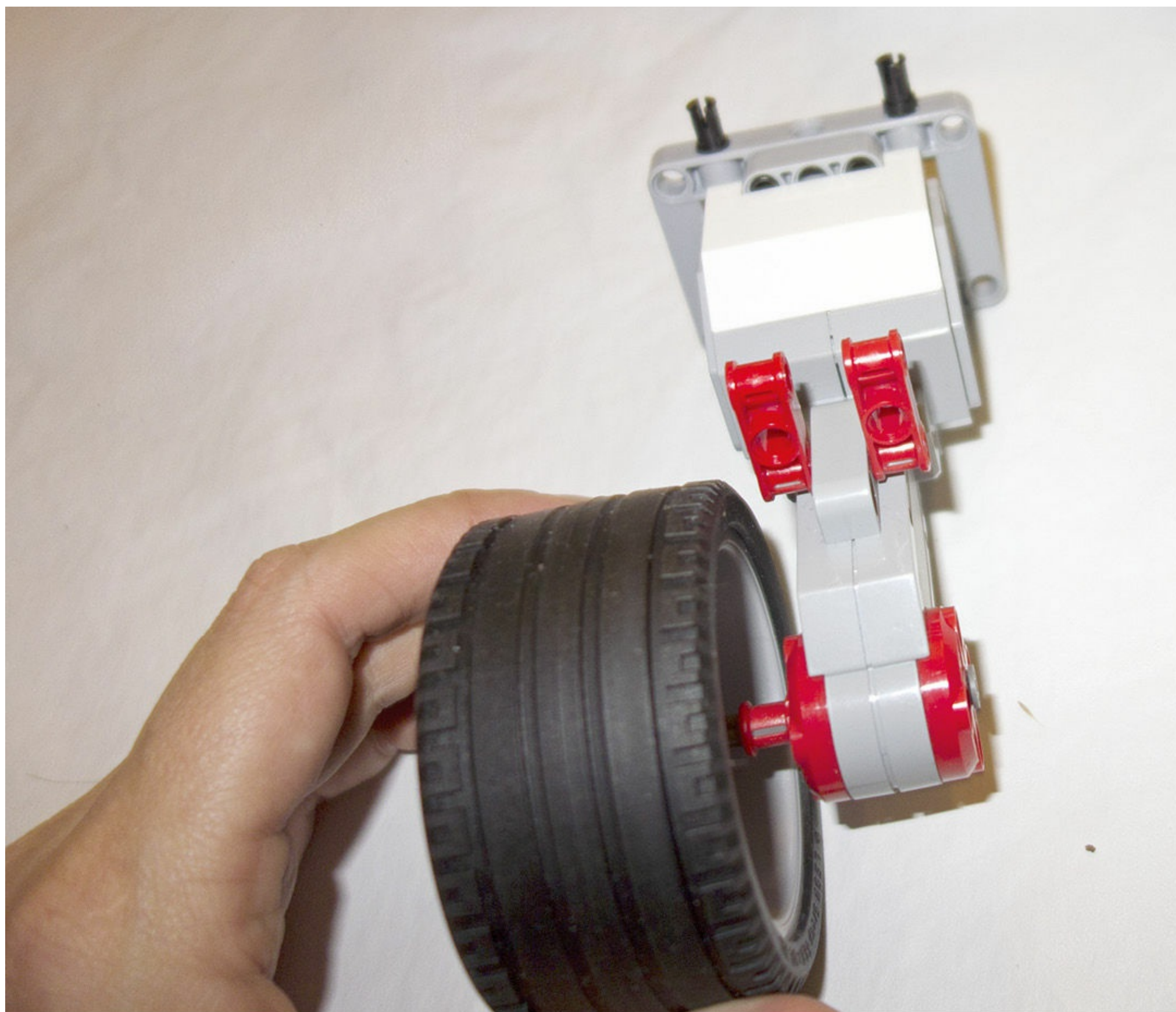


图11.15　用同样的结构，按照相反的方向安装第二个轮子

12．将两块智能砖通过第一块有USB接口的一侧进行连接。这一步将是关于机器人设计的非常好的示例。起初，如图11.16所示，我使用了黑色的销来将两块智能砖连接到一起，但是结果发现由于距离太近使得梁无法保持直线。所以，使用蓝色的长销更适合我们当前的情况。



图11.16　每一边都会很容易地组合在一起，所以在这里使用蓝色的销来代替黑色的销

13．现在你有两个连接在一起的智能砖以及两个安装好的轮转结构，使用黑色的销将轮转结构连接到智能砖的底部，如图11.17所示。

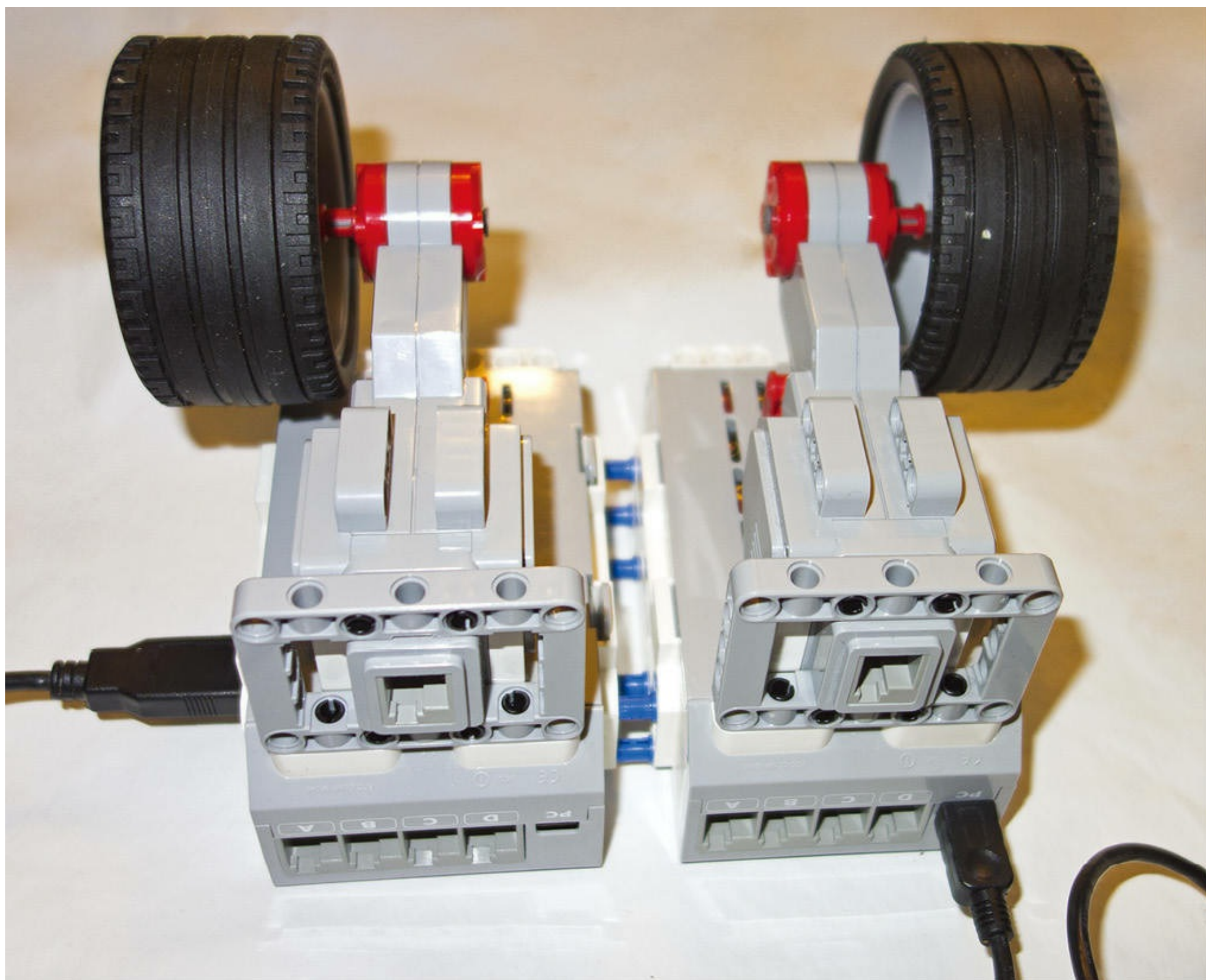


图11.17　注意红色的可穿入轴的红色直梁，实际上支撑着轮子的背部，以代替任何将轮子连接至智能砖的零件

14．将一个长15M的直梁横放至框梁的下面以使机器人更加稳固。如图11.18所示，如果这个直梁不能在每一边都均匀分布，那么你需要确保你使用了蓝色的长销将智能砖连在一起并留出了大约1M的空隙。

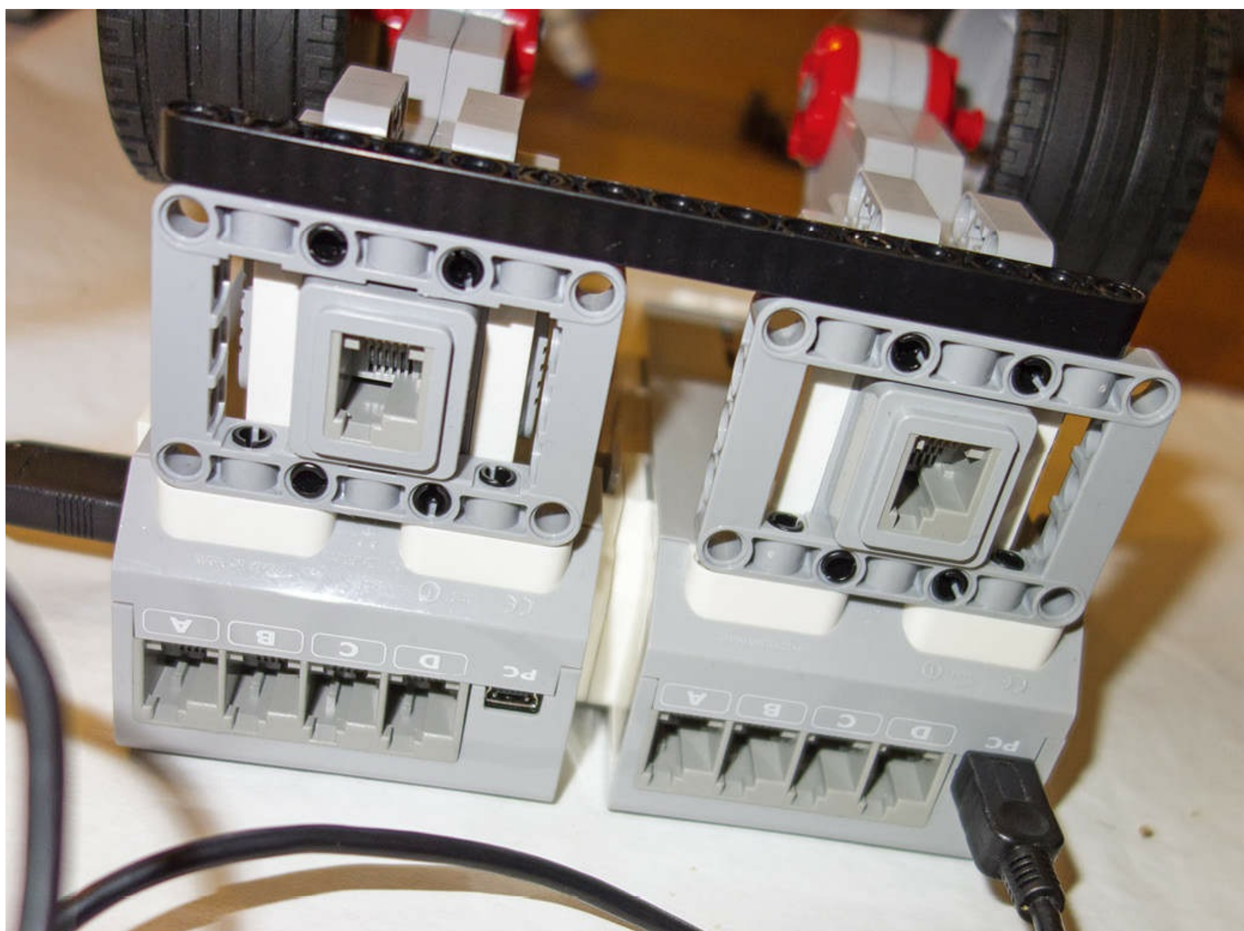


图11.18　注意这根直梁不能均匀分布

15．将万向轮与一个灰色的连通式直梁组合，然后添加3个褐色的销，如图11.19所示。

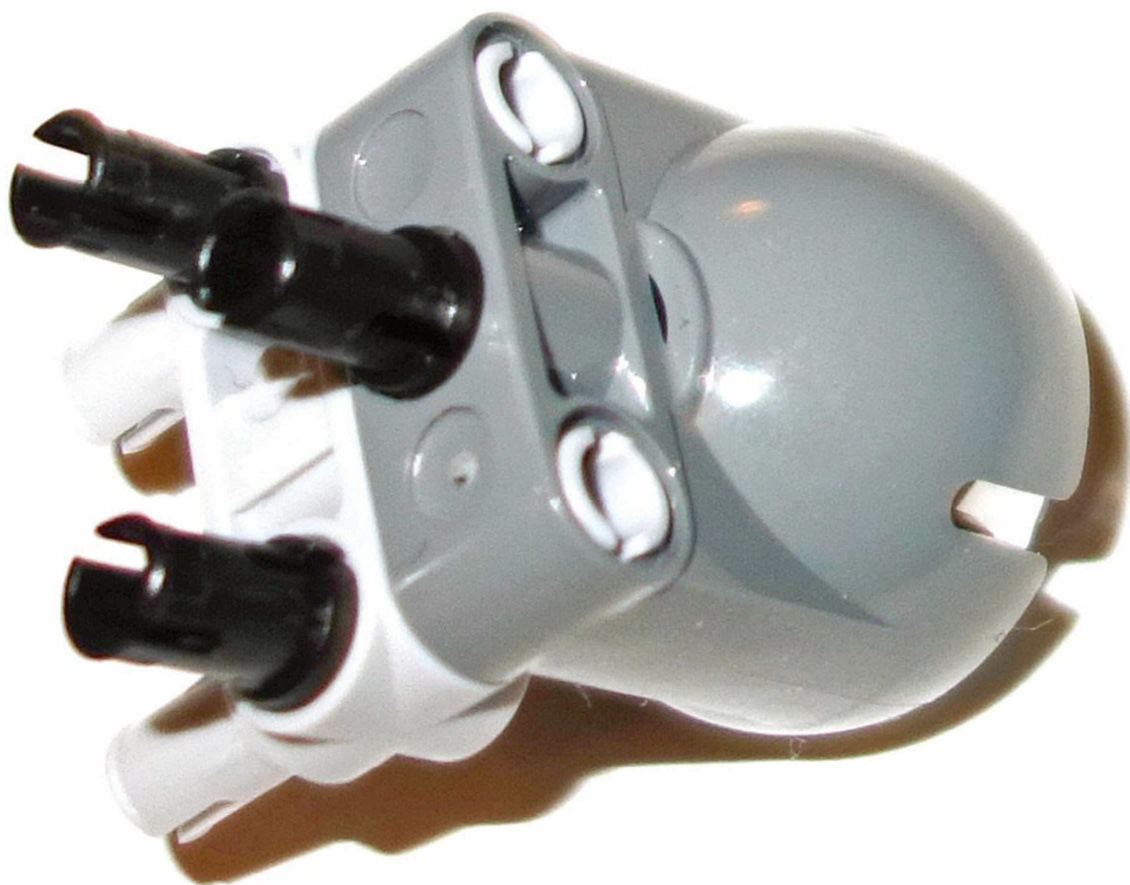


图11.19　插入3个销

16．将一个长3M的直梁插入灰色的连通式直梁自带的销中，如图11.20所示。



图11.20　放在此处的额外的直梁是为了保持稳定

17．将万向轮固定在15单位直梁的中间，如图11.21所示。

18．切断USB线的连接，随后绕着两个智能砖中间的蓝色销旋转两圈后再重新恢复连接，如图11.22所示。



图11.21　这个直梁能够防止万向轮自主旋转，并允许你在接下来的时间里为机器人添加其他的零件



图11.22　将USB线旋转后，使之长度变短

19．用最短的数据线，将大型伺服电机连接至各自的智能砖的端口D。

你已经完成了菊链机器人的安装，现在是时候为它编程并使之移动了。

11.2.2　为机器人编程

每一个电机都与各自的智能砖的端口D连接起来了，但是你不能使用普通的"移动槽"或是"移动转向"来控制它的移动。因此，你应该使用一系列单独的大型电机模块代替使用"移动槽"或是"移动转向"来控制机

器人的移动。

参考一下如图11.8所示的流程图，那么你的第一个任务是使机器人能够直线行走。

1．将两个大型电机模块拖动至画布中，然后将它们的模式全部调整为：开启指定圈数，功率75，电机旋转的圈数为5，并在末尾选择“√”。

2．将其中一个模块设置为“层号1 D端口”，并将另一个模块设置为“层号2 D端口”。最终的结果应该看起来与图11.23类似。

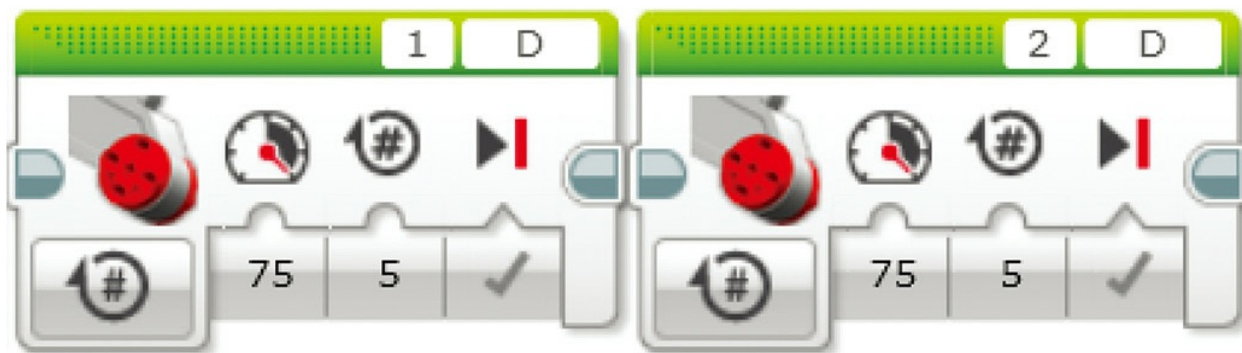


图11.23　这两个模块分别控制两个不同的轮子

3．因为你想要使机器人旋转，所以现在再向画布中拖入两个大型电机模块。将层号为1的模块的功率设置为50，层号为2的模块的功率设置为-50，将旋转圈数全部设置为1（如图11.24所示）。这将会使机器人以差速绕轴心旋转，而不是转一个宽松的圆。

> 提示
>
> 如果你想旋转一个更宽的圆，其中的一个轮子的速度应该比另一个轮子更慢一些（使用更小的功率），而不是使两个轮子朝相反的方向运动。进行实验以测定什么样的功率结合在一起对你来说是最佳的组合。

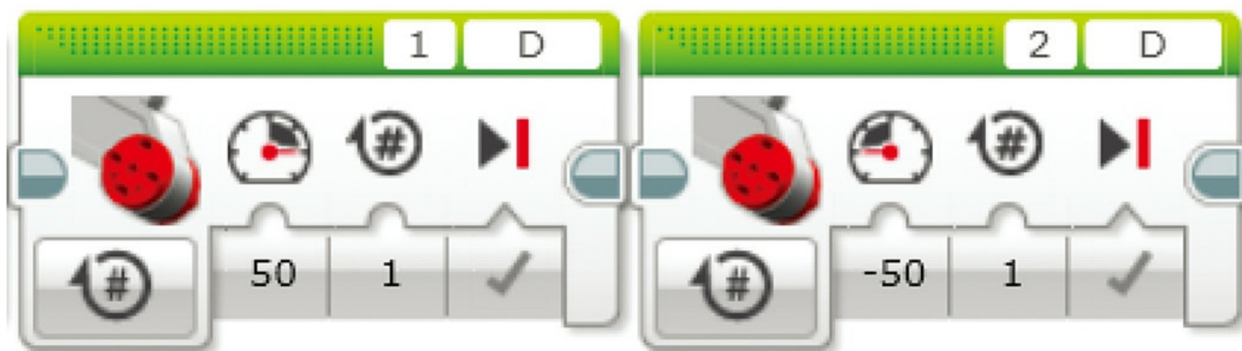


图11.24　一个轮子向前运动，一个轮子向后运动，进行差速旋转

4．复制并粘贴这一整段程序，将智能砖的层数调换以准备第二轮的运动。这一系列的程序看起来应该与图11.25类似。

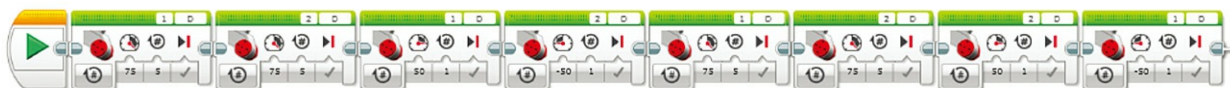


图11.25　使机械车运动的一系列程序

当你观察程序的时候，你也许会觉得这个程序将会使机器人的移动轨迹类似一个“8”字形。当你将这个程序下载到EV3智能砖上并启动的时候，注意观察它会走出一个什么样的轨迹。

发生什么事情了？你的机器人可能走出不一样的轨迹，但是绝对不会是类似于“8”字形的轨迹。我的机器人有时候只旋转一个轮子。为什么会这样？实际上，整个程序是在按照规律运转的，但是这意味着每次只有一个轮子在运动。如果你的意图是使两个轮子在同一时间运动的话，当前的程序是不可用的。

想要使两个轮子同时开始运转，完成这个任务最简单的方法就是设置两个同时开始的启动序列。

1．将一个新的开始模块拖曳到画布中。

2．不要改变已有模块的排序情况，将所有智能砖层数设置为2的模块拖曳到第二个开始序列中。

你应该有一个看起来与图11.26类似的程序。

再次尝试下载并启动你的程序。现在两个轮子应该可以一起工作并走出一个“8”字形的轨迹了。这说明了两个连接至不同智能砖的轮子可以像连接到一个智能砖上的轮子一样工作。但是，这只能在它们同时启动时实现，而不是存在于同一个序列中时。

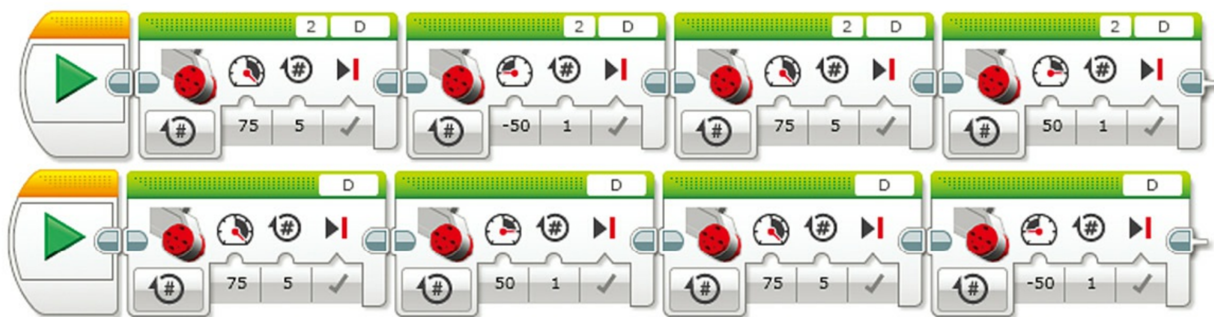


图11.26　两个同时开始的序列将会使轮子同时运转起来

注意

我有意地让你制作这个复杂的机器人，只是为了向你展示：连接在两个不同智能砖上被分别驱动的轮子，也可以一起完成工作。在更多的情况下，你会更愿意将两个电机都连接至同一个智能砖上，这样你就可以使用“移动槽”和“移动转向”模块了。

11.2.3　增加一个远程控制系统

让我们再使这个菊链机器人多保持一段时间，并添加一个远程控制系统来取代事先进行编程。

1．使用一个3M长的轴，将EV3家庭版中的红外传感器的基部与两个这种红色的零件连接在一起。

2．用两个黑色的销将这个结构连接至一个9M长的直梁。

3．在这个直梁的带孔面安装两个黑色的销，最终的结构应该与图11.27类似。

4．将这个搭建好的结构，沿轮子上方的两个框梁连接至机器人的车身处（如图11.28所示），将红外线“眼睛”突显出来。（在图11.27中，红外传感器的“眼睛”没有出现在摄像机的镜头中。）

5．在之前的实验中，你有两个连接至不同智能砖的大型伺服电

机。这是为了之前的实验练习。在一个单独的机器人上控制转向会更加简单些。因此，将两个连接至端口D的数据线都移动到2号智能砖的端口B与端口C上，如图11.28所示。

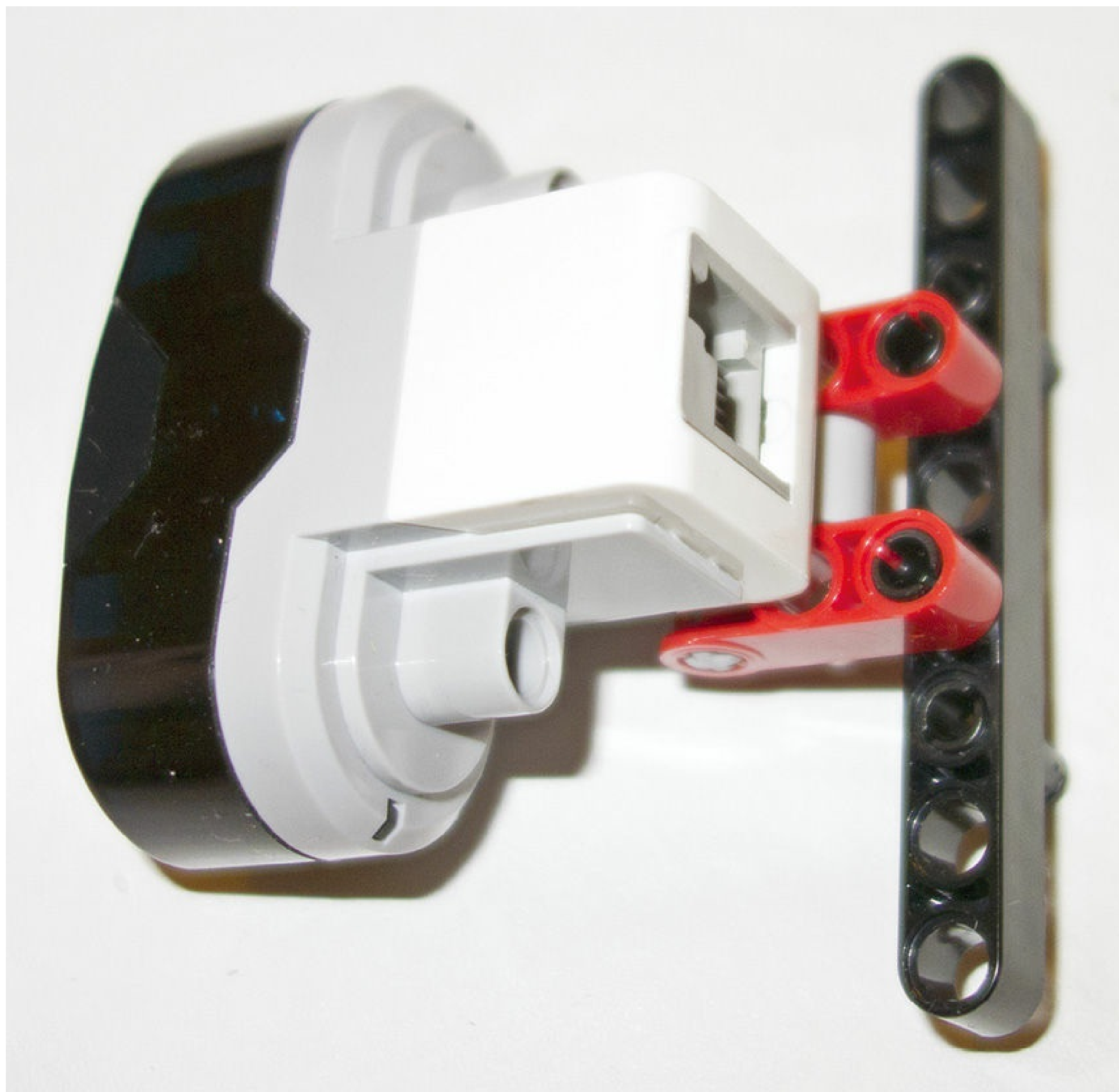


图11.27　搭建好的红外传感器结构

图11.28　将红外传感器结构连接至车身上

6．将红外传感器连接至3号智能砖的端口2处。

现在，传感器已经与机器人连接好了。你可以设置一个程序，在这个程序中，使用远程红外信标来控制机器人的移动。你可以编写一个与第9章中类似的程序，使用一系列环环相扣的切换模块，如图11.29所示。

我们需要使用切换模块，但是我们需要提高切换模块的效率。就像你在第10章中学到的，许多切换模块的状态可以只在一个模块中进行编辑。

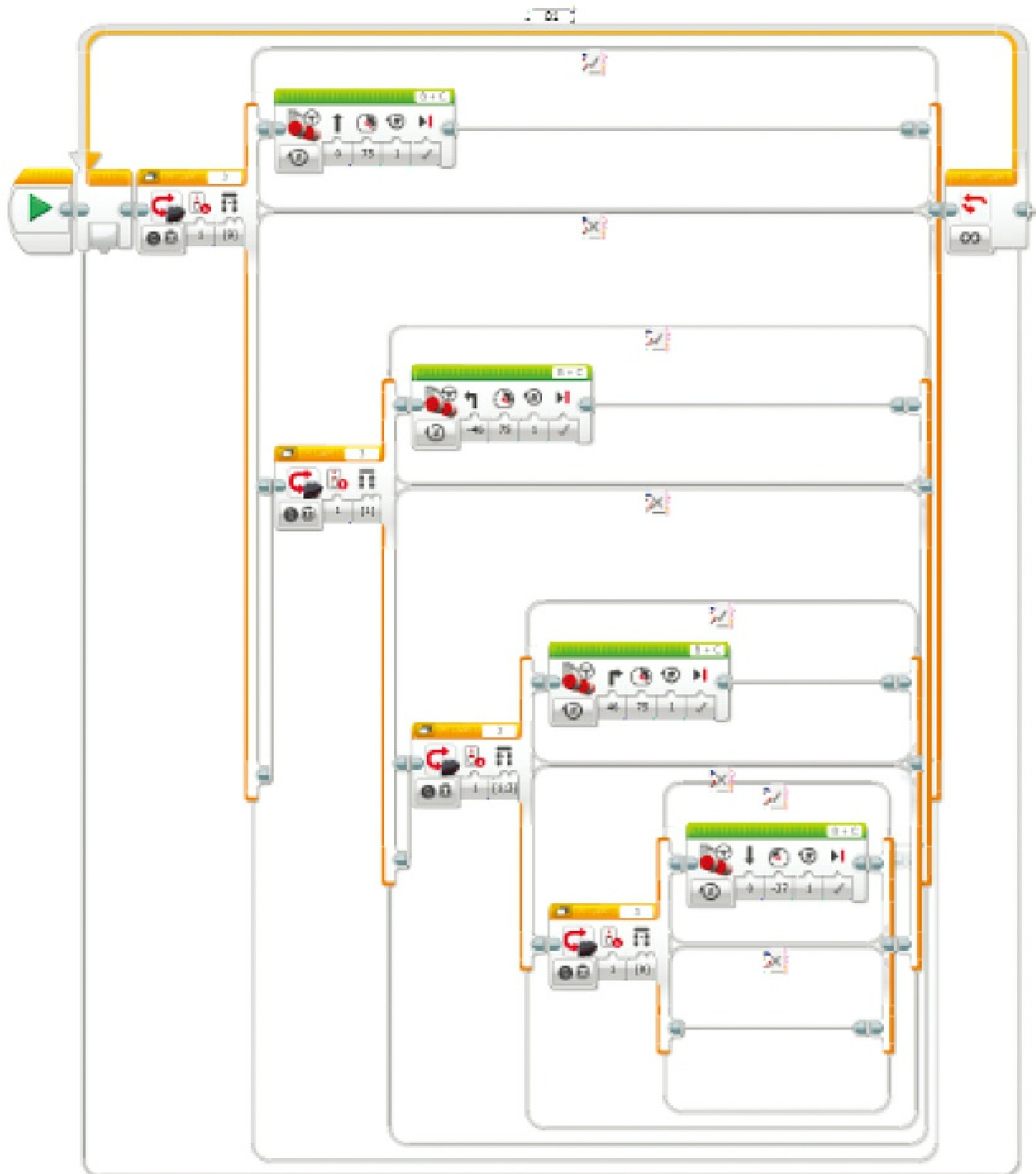


图11.29　一系列的切换模块使这个程序变得十分巨大并很难理解

注意

在传统的编程中，一个切换模块以一个表现状态的短语来表示， If 和Then的表现形式是经常出现的，举例：

If （某些可以被判定为正确或是错误的状态）

Then （进行一个行动）

Else （如果状态被判定为错误，则进行一个不同的行动）

许多编程语言都允许你就所得出的判定做出更多的状态调整，就像EV3编程中的切换模块一样，所以情况就变为：

If （某些可以被判定为正确或是错误的状态）

（如果判定为正确，采取一个行动）

Else if （一个单独的说明，可以判定正确或是错误）

（如果判定为正确，采取一个行动）

Else （如果没有得出正确的判定，则做出此项运动）

在你学习其他的编程语言时， EV3的可视性编程为你准备了此类的逻辑编程。

让我们应用我们所知道的EV3编程的知识来简化这个程序。图11.30向我们展示了一个简易的使程序完成目标的流程图。

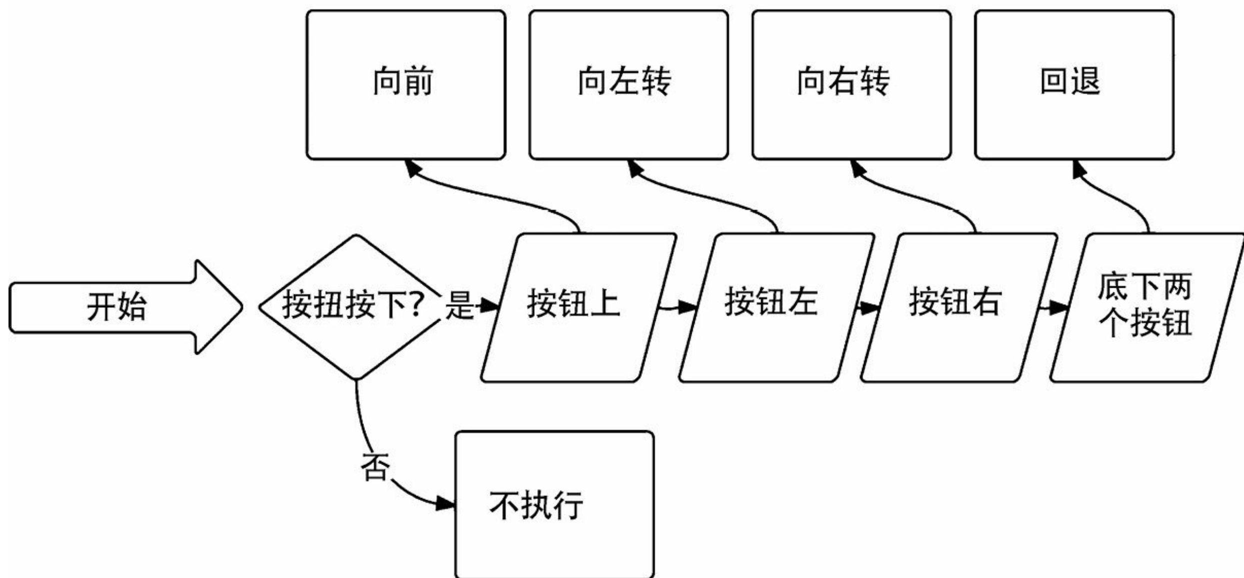


图11.30　你的流程图囊括了所有的概念，现在你不需要再去为每一个状态设置单独的行动了

现在让我们开始编写这个程序。

1．在EV3家庭版编程软件中开始一个新的程序。

2．进入“项目属性”页面，勾选下面的小方块以启动一个带有菊链

模式的程序。

3．将一个切换模块拖曳到画布中。

4．将这个模块的模式转变为“红外传感器——比较——信标”。

5．你的红外传感器连接至了2号智能砖，所以将层数调为2。

6．将端口改为1。

现在你已经具备进一步添加额外模块的条件了，但是图11.31所示的这种程序的模式，还不能再向切换模块中添加额外的模块。

这不是因为你在开启了菊链模式的情况下工作，而是因为切换模块选择这一特定模式的限制。不过不用担心，有一个可以解决这个问题的方法。

1．将这个切换模块拖离序列，但依然使其保留在整个画布上。这将会提供给你一个在序列外编辑这个模块的机会。

2．将一个红外传感器模块拖入序列中。

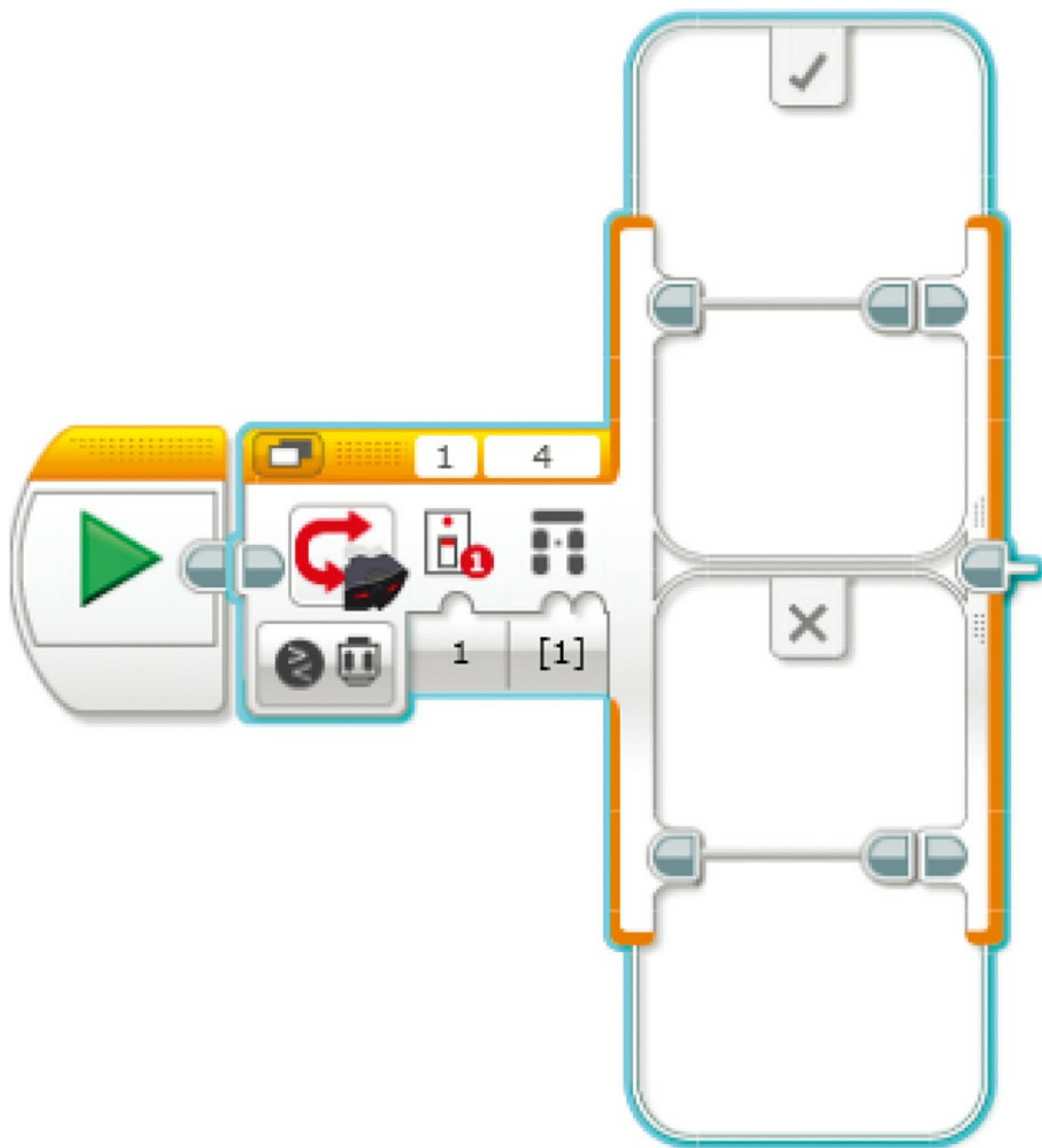


图11.31　增加模块的图标在这里很容易被忽略掉

3．将模式转换为“测量——信标”。

4．确认一下你设置的频道与信标上的频道能够匹配（这种情况通常发生在多个人想在同一区域内使用红外线遥控，这同时也有4个频道存在的原因）。

5. 将智能砖层数调为2，传感器端口调为1，此时的程序应该如图11.32所示。

6. 将一个新的切换模块拖入程序中。

7. 这一次将切换模块的模式调为数值。

8. 从红外传感器模块的数据输出拖曳数据线到切换模块的数据输入，程序应该如图11.33所示。

当红外传感器检测到按下按钮，它赋予每个按钮一个特定的数值，再将这个数值传给切换模块判断。它与使用切换模块的红外传感器比较模式在本质上是相同的，只是现在你可以检测多种情况。

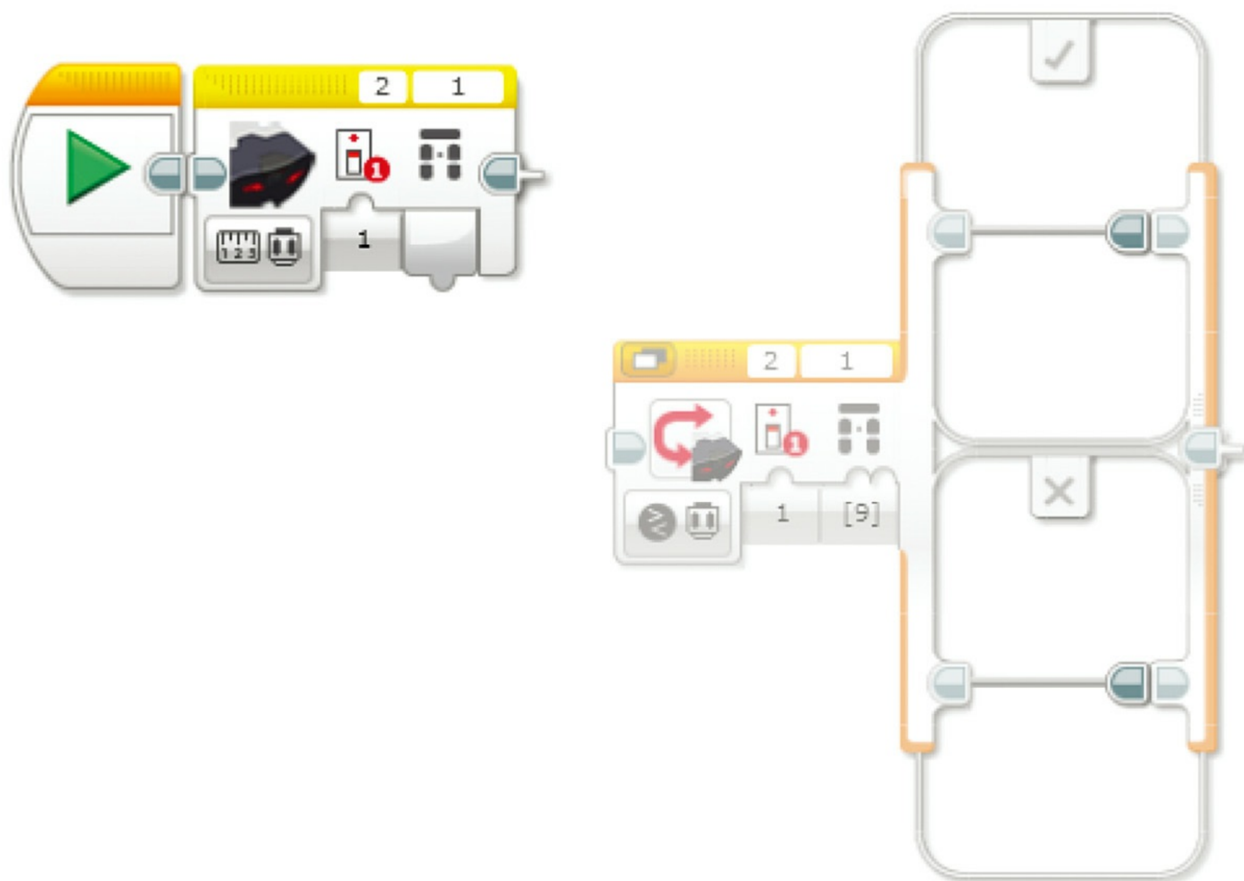


图11.32　注意之前的切换模块，现在已经不是主程序中的一部分了

图11.33　现在你可以看到切换模块有了可以加入其他情况的选择

9．这里有5种情况你想检测，通过单击带有加号的图标来添加另外3个不同的状态。切换到选项卡视图，可以帮助你看到更简单的程序。

10．把原先的切换放到一边，现在你可以使用它作为方便的数字参考。查看分配给它的数字，而不是在数据输入选择要按下的按钮进行单击，图11.34仅供参考。

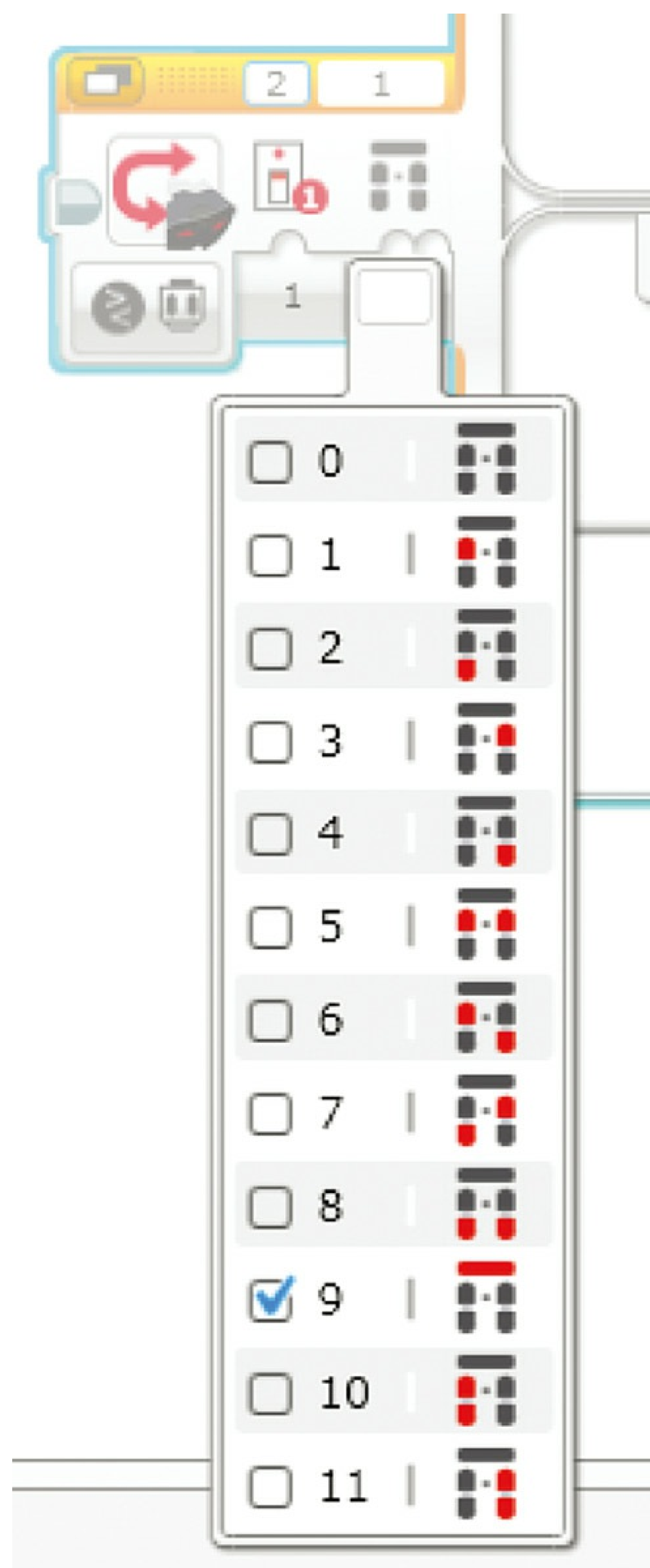

2
1
1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

图11.34　按键对应的数字代码

提示

你可以在LEGO帮助中找到同样的信息，但上述方法是获取每一个按键对应代码的很简单的方法，并且不需要进行网络连接。

11．根据传感器传来的信息，你已经知道了最前面的按键所对应的数字代码是9。所以将处于切换模块中起始模块的状态从数值1切换为9。

12．将一个移动转向模块拖入切换模块中数值为9的那个标签。

13．将移动转向模块的模式改为圈数，方向为正前方，转动的圈数设置为
1圈。

14．将智能砖调整为第二层，端口设置为B+C。现在所剩余的唯一问题就是在切换模块中添加余下的模块了。

15．复制这个移动转向模块，并将它拖曳到每一个剩余的标签处进行粘贴。

16．按照以下的要求调整每一个移动槽模块，使之与正确的数值相对应。

1：向左方−46

3：向右方45

8：向后运动（功率：75）

0：不做运动

17．选中整个切换模块（不包括开始模块），并且将其调整为无限循环模式。最终的程序应该看起来与图11.35类似。

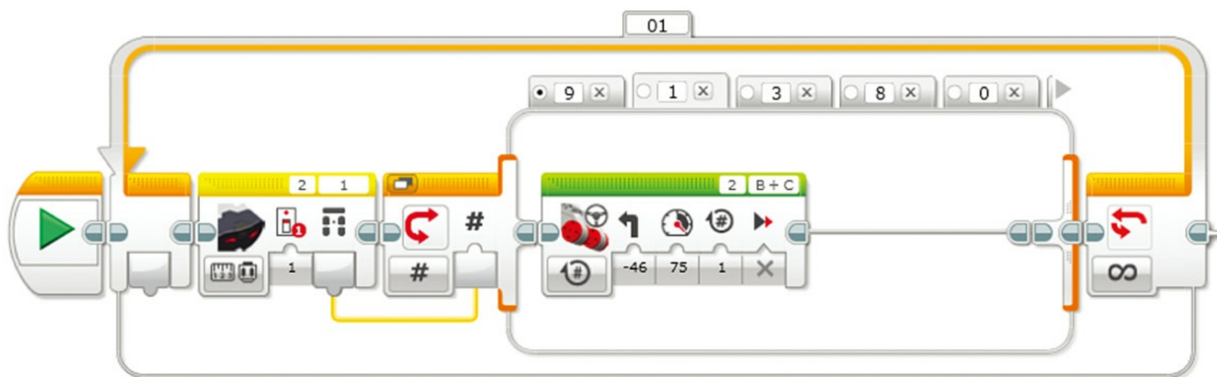


图11.35　远程红外信标遥控程序现在看起来更简单了

注意

也许你需要暂时性的调整红外传感器的位置，使其在下载程序的时候有足够的空间连接USB接口。

11.2.4　增加避障程序

在第9章中，你还创建了一个利用红外传感器与红外线遥控器进行避障的机器人。现在我们搭建的具有两个智能砖的机器人，拥有了更多的电机端口以及传感器接口，所以你可以使用测量更加精准的超声波传感器来替代红外传感器，以增强避障功能。

首先，我们需要安装超声波传感器。

1．将两个交叉块用3M长的轴固定在超声波传感器的底部。

2．使用两个黑销将交叉块插入梁框的一侧，然后将两个黑销插入梁框的另一侧（如图11.36所示）。

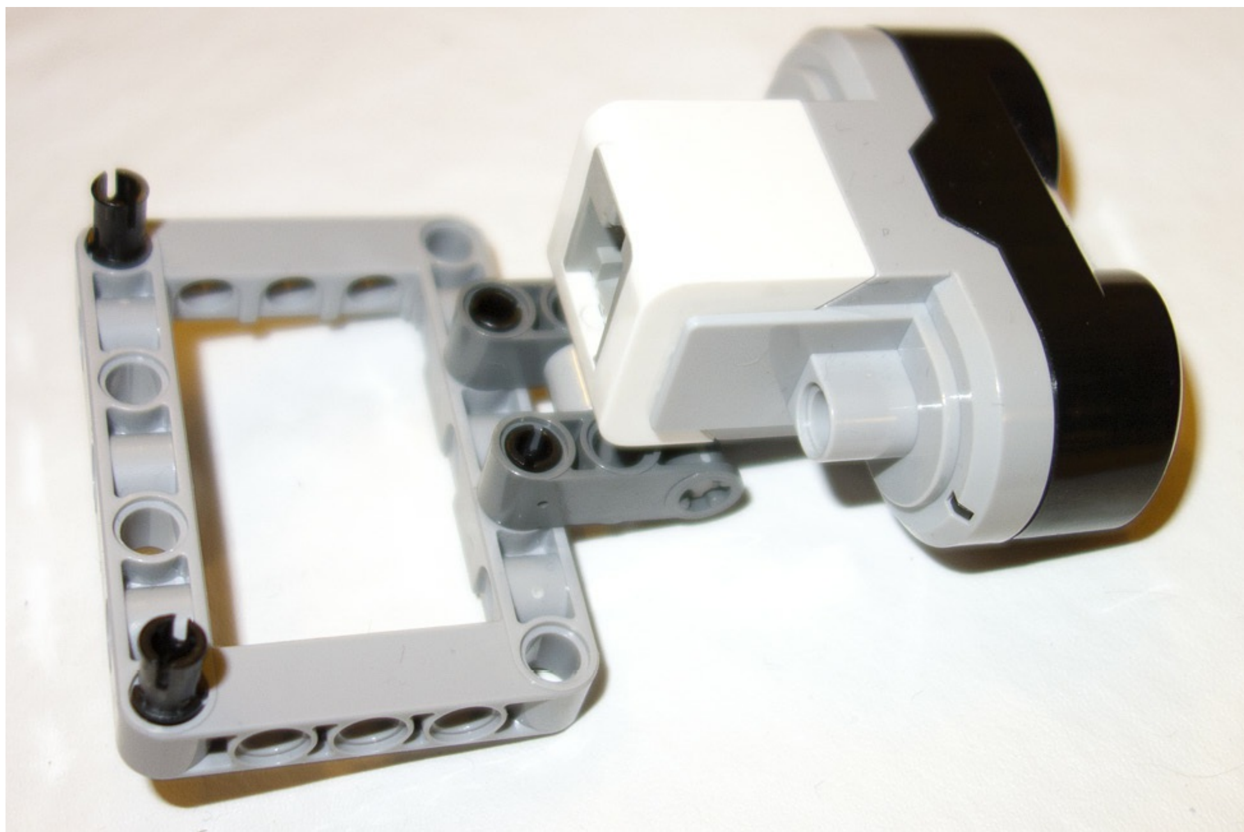


图11.36　超声波传感器装配

3．使用两个黑色的销，将这个安装了超声波传感器的结构，安装在机器人前方的下面，如图11.37所示。

4．将超声波传感器连接至1号智能砖的1号端口。

现在的任务就是要重新编写一个程序，这个程序与你曾经在第9章中编写过的程序类似，不同之处就是使用超声波传感器代替了红外传感器。

1．打开你曾经在第9章中编写的程序。

2．调整这个项目的属性，勾选带有菊链的模式。

3．将第一个切换模块的模式从“红外传感器”调整为“超声波传感器——比较——远
程——英尺”。

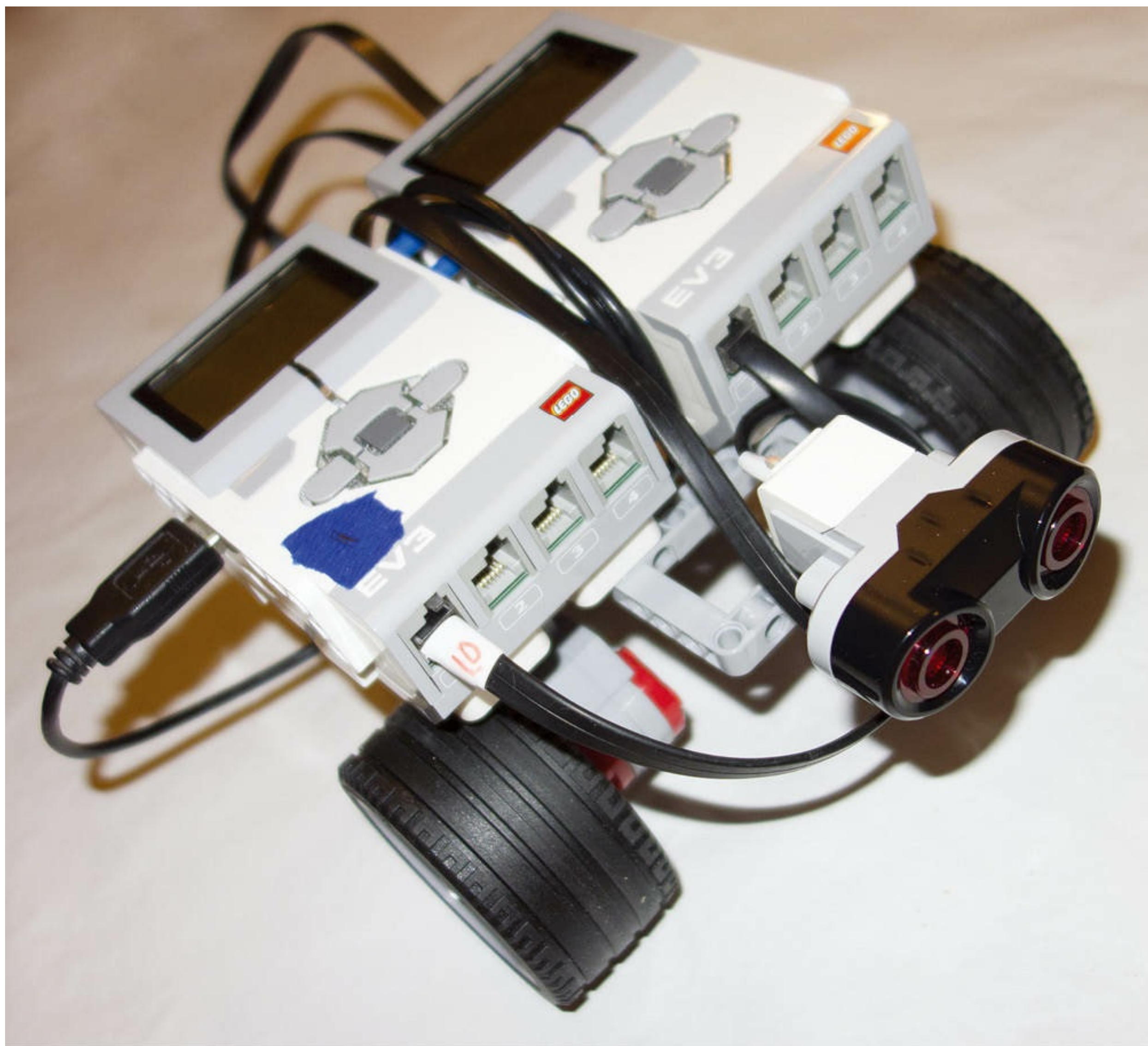


图11.37　避障机器人

4．将阈值设定为4。

5．确认智能砖调整为第一层，传感器端口为4号。

6．将所有大型电机模块的层数号调整为2，并确认带动其运转的电机为B与C。

调整完成的最终程序应该看起来与图11.38类似。

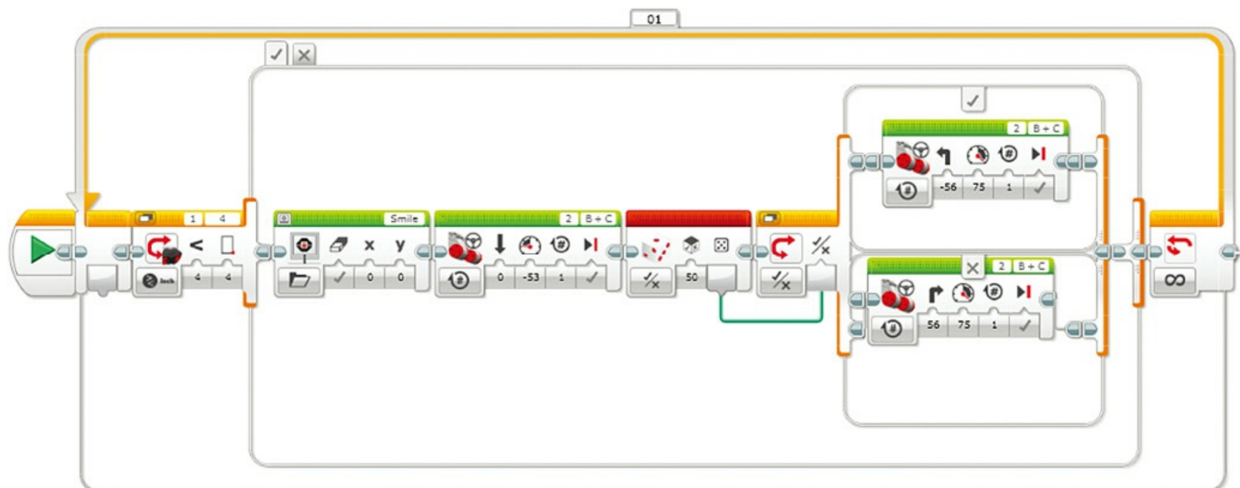


图11.38　因为这是一个经过改良的程序，而非一个新的程序，所以想要很快地完成程序改造是非常容易的

11.3　机器人之间的通信

想让两个机器人一起进行工作，不仅仅只有这一种方式。你不需要用一根USB线将两个机器人菊链在一起，而是让这些智能砖使用蓝牙进行信息传输。在EV3家庭版的编程软件中，蓝牙传输模块位于蓝颜色的高级模式的标签之下（如图11.39所示）。

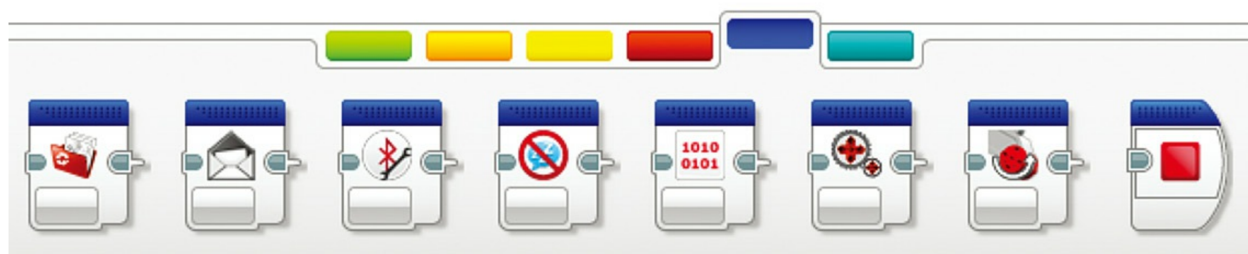


图11.39　使用蓝牙连接以及蓝牙通信模块，以实现在两个单独运行的EV3智能砖之间进行通信

注意

当你使用蓝牙通信，你必须为每一个EV3单独编写程序，并使其独自运行。你可以将机器人的身体拆开分离，但只有在蓝牙通信范围内（通常是指在同一个房间内，而不 是隔着一道墙）才允许这样的操作。

在EV3编程软件的程序块信息选项卡中至少重命名你的一个EV3机器人也很重要，这样就可以准确地制定机器人的发送和接收。

11.4　添加“魔术师”的魔法

在第10章中，你曾经制作了一个可以在整个Uno牌堆中通过颜色筛选纸牌的机器人。现在你将要对这个程序进行修改，并使这个机器人向同一个房间内的其他机器人传递信息。我们将要添加的“魔法”，可以使EV3在脱离了所有传感器以及电机的情况下，依然能够检测纸牌的颜色，并将在检测下一张纸牌之前控制电机进行运转。这几乎是一个具有读心技术的
“魔法”。

必要条件：一个出现在第10章中并已经由你完全组装好的机器人以及一个额外的智能砖。每一个EV3智能砖都应该有不同的名称，你可以在EV3家庭版编程软件的程序块信息部分标识它们。我将我的两个智能砖分别命名为“EV3”以及“EV3 EDU”。

1．将两个在第10章中出现的颜色检测程序复制，并以它们作为起始。将其中一个命名为“发送”，另一个命名为“接收”。直接用最简单的方式复制整个画布并将其粘贴到同一“Project”下的不同程序标签处，这样可以高效率地保持原始程序的一致性。

2．将蓝牙连接模块拖曳到画布中，在发送模块以及接收模块中，都将这个模块放置在起始模块之后（如图11.40所示）。

3．将模式调整为开启。

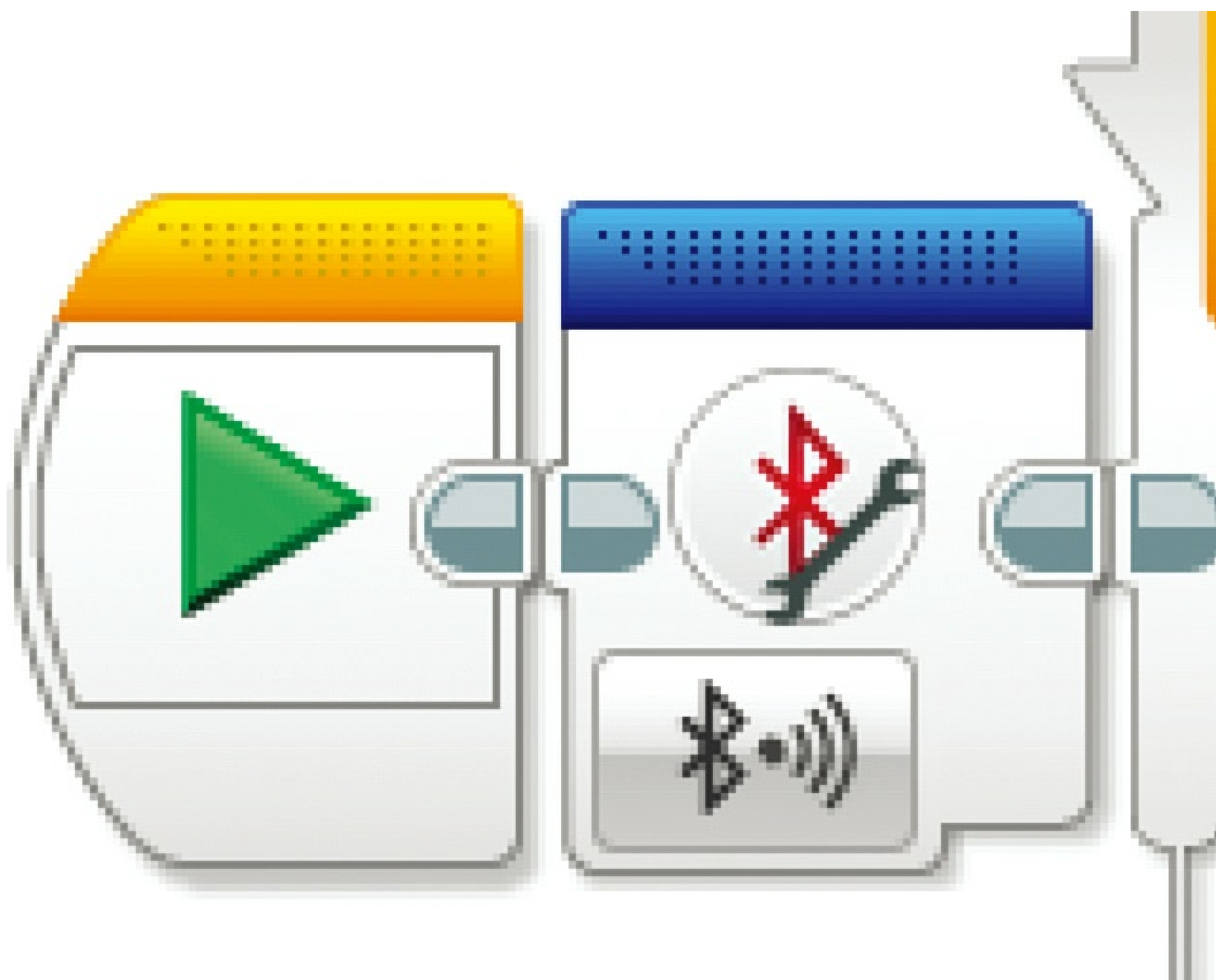


图11.40　这一模块可以为你的EV3模块开启蓝牙

从现在开始，你就需要对“发送”程序以及“接收”程序分别编程了。

11.4.1　对发送程序进行配置

我们现在来集中精力编写“发送”程序：

1．将另一个蓝牙连接模块拖曳到程序中，放置在第一个蓝牙连接模块之后，主屏幕中的循环模块之前。将模式转变为“开始”并将其连接至“EV3 EDU”处，输入另一个EV3智能砖的名字（如图11.41所示）。

这一步骤就创建了两个机器人之间的连接。

2．在以前，你的程序在检测纸牌时会事先报出所要检测的颜色的名称。现在，你将会有另一个机器人，可以无声地将一条信息发送给另

一个机器人。将程序中所有的声音模块都用消息传递模块来代替。

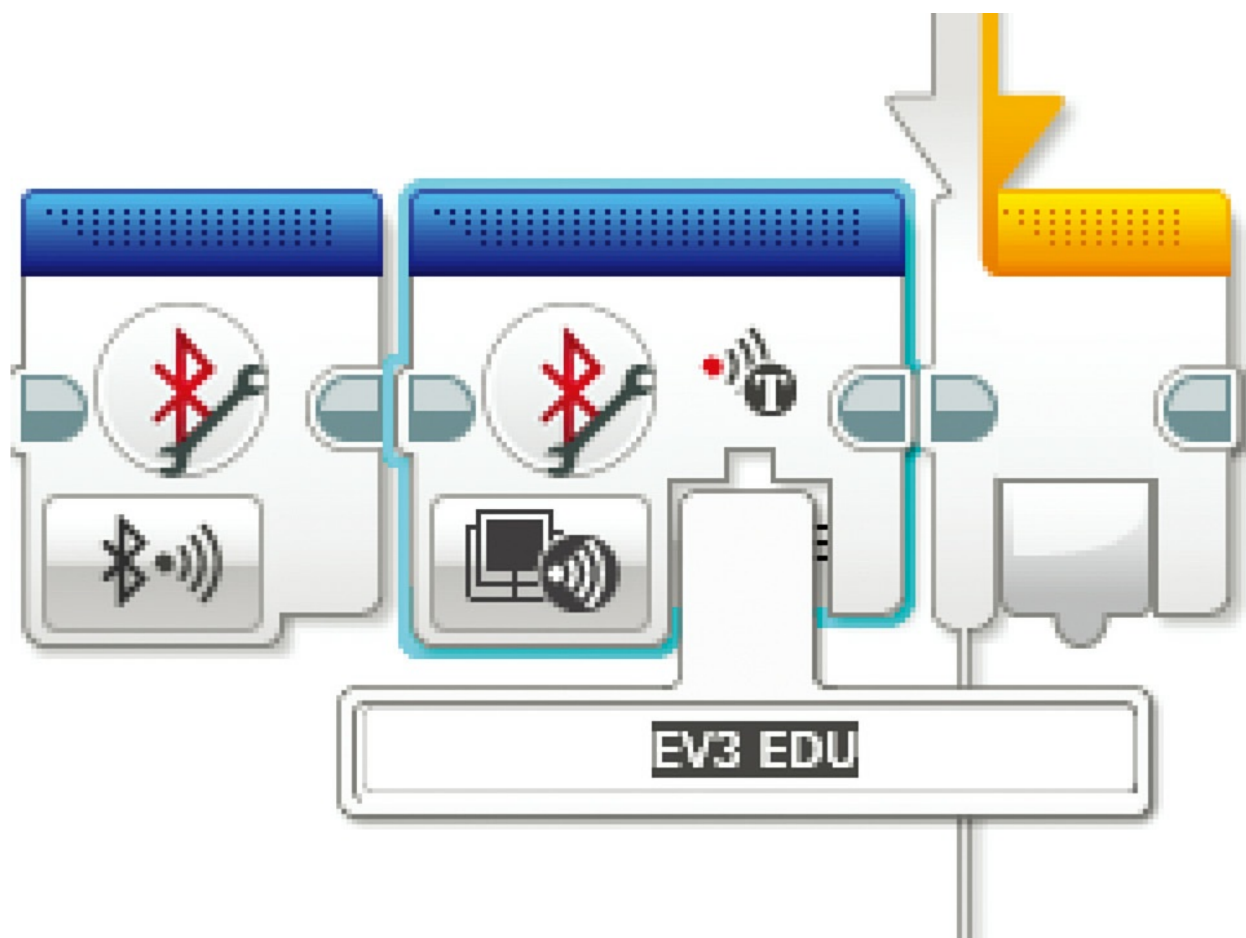


图11.41　在这里键入另一个EV3机器人的名称

3．将模式调整为“发送——文本”。键入将要接收信息的EV3智能砖的名称，并通过发送信息来匹配颜色。举一个例子，图11.42展示了将信息调整为蓝色，以匹配针对蓝色的选择。

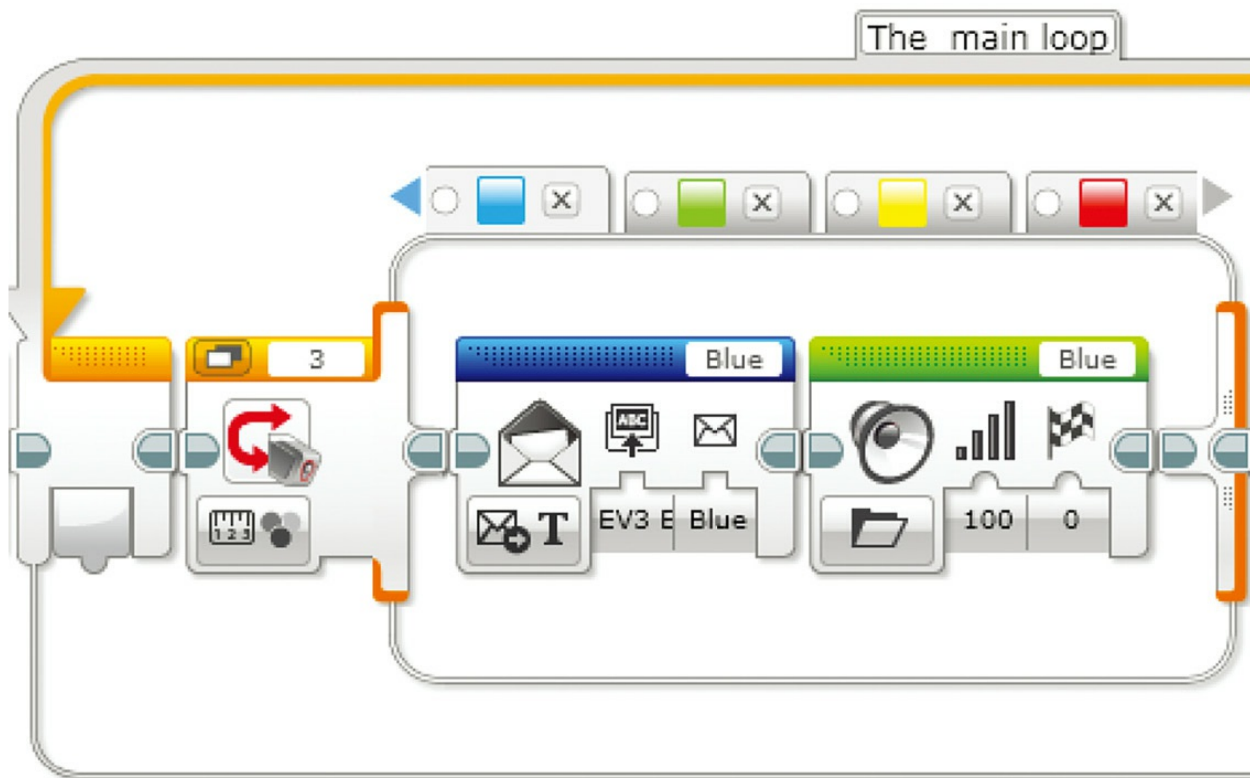


图11.42　还需命名接受程序块名称，以避免来自外界的干扰

4． 当你正确地添加消息传递模块后，就可以删除掉声音模块了。如果你选择采用复制和粘贴的方式，你只需要做出细微的调整，而不用每次都重新对模块进行编写。

5． 如果你已经对循环模块中的条件标签部分进行了编写，那么添加一个等待模块即可。将等待模块的模式调整为“消息传递——比较——文本”，然后将符号调整为相等（如图11.43所示）。

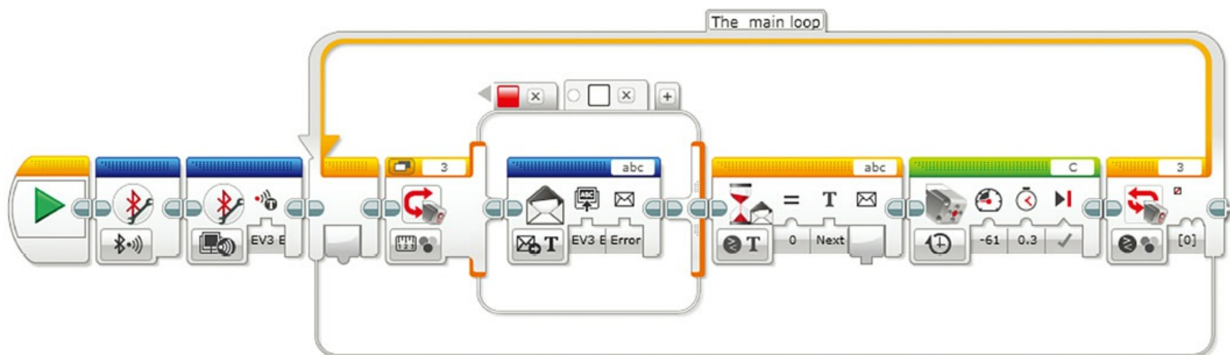


图11.43　在画布上的这个程序可以通过蓝牙信息传递的方式发送结果，并在收到另一个机器人发送的“回复”之后，再开始进行检测

11.4.2　对接收程序进行配置

现在让我们将精力转移至接收程序中。在此之前，你应该已经在起始模块后添加过一个蓝牙连接模块了。

1．将循环模块的模式由“颜色传感器”调整为“文本”。这一操作将你的条件判定转变为了数字（与颜色传感器中所对应的颜色代码相同的数字）。

将所设置的文本调整并对应为发送程序将要发送的颜色代码，如“黑色”“蓝色”“绿色”“红色”“黄色”以及“无”。确保你键入的代表颜色的文本与接下来的声音模块相对应。

2．在切换模块的前面添加一个等待模块。将模式调整为“消息传递——升级——文本”。这一操作将会使机器人进行等待，直至接收到下一条文本信息。

3．将一条数据连接线由等待模块引出，并放置在切换模块内。这一操作将每一个接收到的蓝牙信息都设置为了切换模块的触发条件（如图11.44所示）。

4．现在你可以删除掉在画布中处于循环模块和终止模块，以及曾经设置的其余无用模块。你将要删除的模块是用来驱动电机运动的，然而这个机器人并没有可以驱动的电机。

图11.44　这一信息将成为循环模块的触发条件

5．将一个屏幕显示模块拖曳到画布，放置在切换模块之后，并将模式调整为“文本——网格”，将显示的文本改为“Press Center Button”。

6．在显示模块后再添加一个等待模块。将等待模块的模式调整为“程序块——比较——程序块按钮”，并设置其检测中心的模块是否被按下或是弹起（2，2）。

7．将一个消息传递模块拖曳到画布中，并将模式设置为“发送——文本”。输入将要发送文本的机器人的名称，并将信息的文本设置为“Next”。

8．将最后一个显示模块拖入至画布中，并将模式设置为“重置屏幕”。

你编辑好的最终程序应该看起来与图11.45类似。

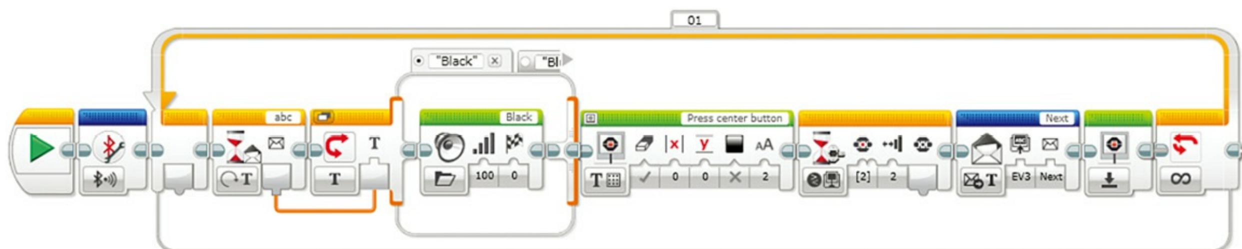


图11.45　最终完成的接收程序

11.4.3　启动“魔法”

在你将发送程序与接收程序都完成之后，将这两个程序分别下载至对应的机器人上，并尝试启动程序。

如果一切都如预想中完美进行，那么分拣纸牌的机器人将会检测颜色，但是不会发出响声。而且，它将会通过蓝牙向同一房间内另一个设置好的机器人发送信息，这个信息将会传递颜色的名称，并将等待你按下中间的按钮。在你按下中间的按钮后，分拣纸牌的机器人以及读取颜色的机器人将会继续处理下一张纸牌，重复相同的步骤并检测颜色。

11.5 小结

在本章中，你探究了许多将两个或多个EV3连接的方式，以及连接后如何进行多向交流，或运行同一个程序，既可以在菊链的模式下组建“超级”机器人，也可以采用蓝牙连接的方式。你学会了如何更有效地编写切换模块检测多个情况的方法，你也学习了如何在机器人与机器人之间建立蓝牙连接并收发信息。在下一章中，你将会探索如何利用其他的编程语言和第三方配件来拓展EV3。

第12章 扩展玩法

在本章中，你将体验到更多EV3的扩展玩法。我会帮你梳理另一种EV3编程语言leJOS的启动步骤，如此一来你就可以使用Java给EV3编程了。本章还会为你介绍一些乐高社区玩家创造的机器人模型，希望这些模型能够给你新的启发。除此之外，本章还会进一步介绍一些小技巧和信息来帮助你找到并加入各种各样的乐高社区和乐高大赛，同时也会提到配件的一些其他购买方式。

12.1　安装leJOS

正如我在第1章中所提到的， EV3允许你使用自选的其他编程语言和操作系统。当我正在创作这本书的时候， leJOS是能在EV3上运行的开发度最高的系统之一，它是Oracle （甲骨文公司） Java编程语言的接口。 Java语言有着编译一次，在各种系统上都能运行的特性，因为使用它编写的程序会在一个自己的“虚拟机”中运行，而不需要针对不同系统平台进行再编译。 leJOS就相当于运行在EV3上的虚拟机，所以你在自己电脑上编写的Java程序可以在EV3上通过leJOS直接运行。虽然leJOS并不是Oracle官方发布的产品，但是Oracle 依然在主页上为EV3编程爱好者们提供了leJOS社区的链接。

> 注意
>
> 为什么选择**leJOS**？
>
> leJOS是一款免费、开源的系统软件，并且拥有很好的后期支持。它很容易安装和卸载，而且它不需要乐高 EV3操作系统的超级用户权限就可以使用。使用像leJOS这种第三方的编程语言，你可以很轻松地将程序或者程序的某些组件传输给其他Java机器人。

上一个版本的leJOS需要用户从GitHub上下载组件，并且需要执行很多重复的步骤。（GitHub是一个代码管理工具，能够保证程序在多名编写者编写的情况下正常运行。）在我写下这段文字的时候，用户已经不再需要使用GitHub了，不过你还是需要经过几步来建立一个格式化好的SD卡。希望当你读到这段的时候，更简单的流程已经诞生。

12.1.1　准备好你的开发环境

在使用leJOS前，你必须将电脑的桌面编程环境准备就绪。

1．从Oracle 下载Java语言软件开发工具包的最新版本。

> 注意
>
> Java语言软件开发工具包（JDK）无法从Java.com上面下载。 Java.com只提供Java运行时环境（JRE）下载，它的作用是让你的电脑能够运行Java语言编写的程序。而JDK则是让你能够实际编写Java程序，它本身包含JRE。

2．从www.eclipse.org上下载Eclipse。它是一个开源的集成开发环

境（IDE），在这个环境下编写EV3的Java程序要比纯文本编译要容易得多。严格来说，这一步是可选的，但我强烈推荐你使用它。 Eclipse可以在编程过程中帮助你找出拼写错误，以防止将来编程程序错误，并且提供了多种选项，确保软件在编写过程中可以正常运行。

3． 运行Eclipse。你需要创建一个工作区，不过现在这还不重要，因为你还没有开始编程。选择缺省设置就好。

4． 单击“Help ”（帮助），找到“Eclipse Marketplace”，如图12.1所示。

5． 使用“search” （搜索）选项来找到leJOS，如图12.2所示。一定要选择leJOS EV3 beta版本，而不是NXJ版本。

6． 单击“安装”。你可能会看到一个警告提示这个插件未签名，请直接选择仍然安装。没问题，它是安全的。

7． 重新启动Eclipse来完成安装。

8． 你会看到一个对话框询问这个项目的保存路径。如果你不愿意使用缺省路径的话，就自己随意设置一个新路径吧。（如果你选择缺省路径也是没问题的。）

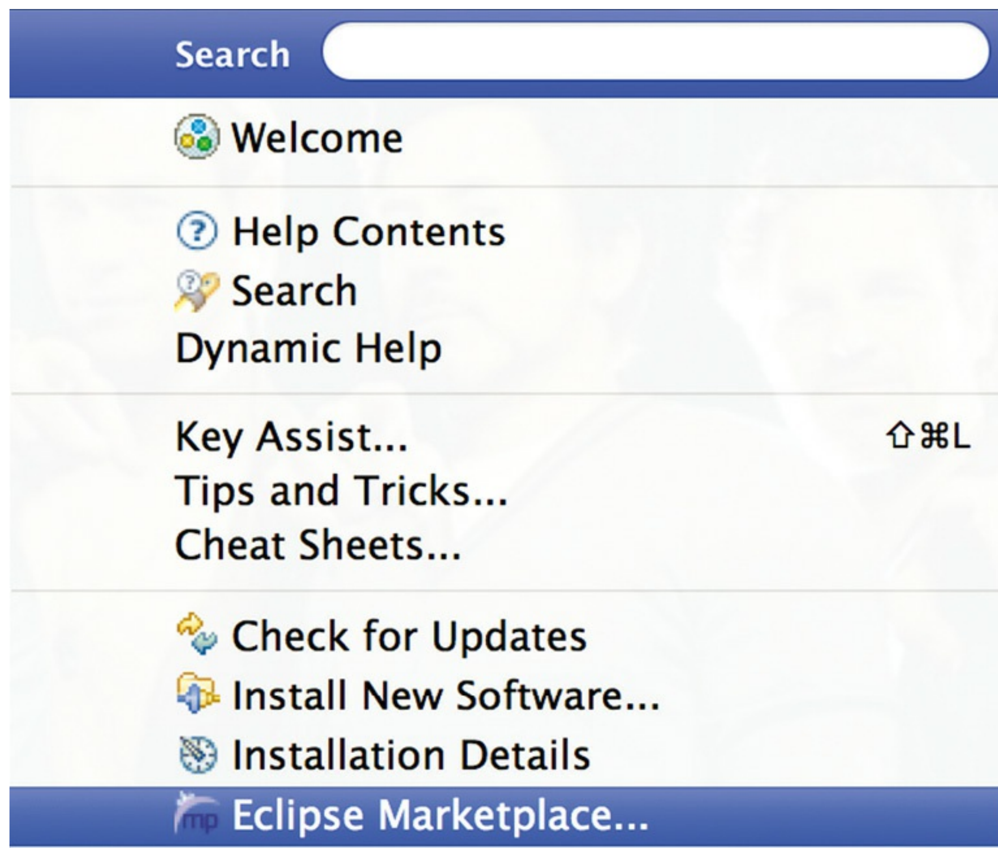


图12.1　你可以在Eclipse Marketplace中找到EV3插件

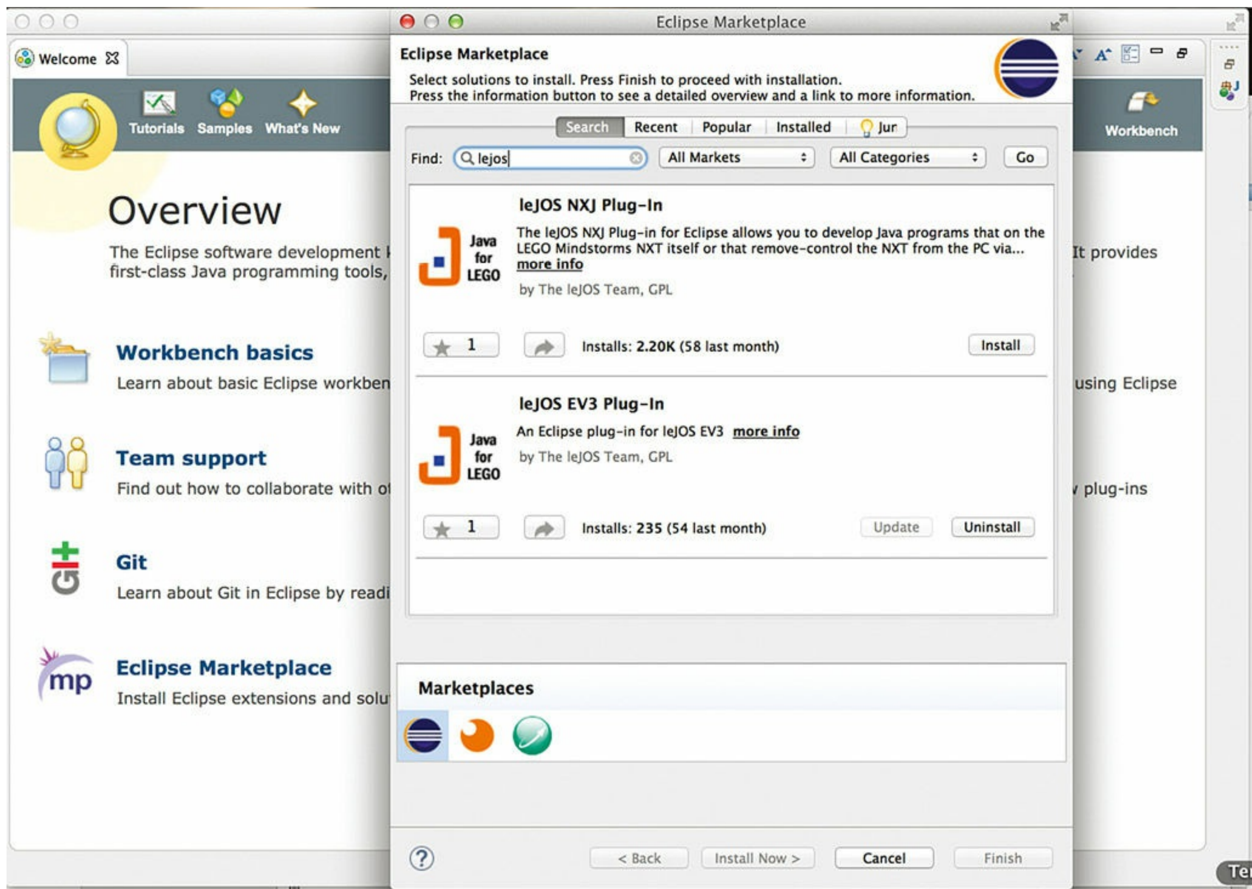


图12.2　你也可以搜索“EV3”而不是“leJOS”

9．　在对话框的选项中把你设置的路径变成新的缺省路径，这样对话框就不会在每次启动Eclipse的时候都弹出。

10．　单击“属性”。

11．　选择leJOS。

12．　使用浏览功能找到插件安装的位置并自动填好EV3_HOME，如图12.3所示，单击“OK”按钮。

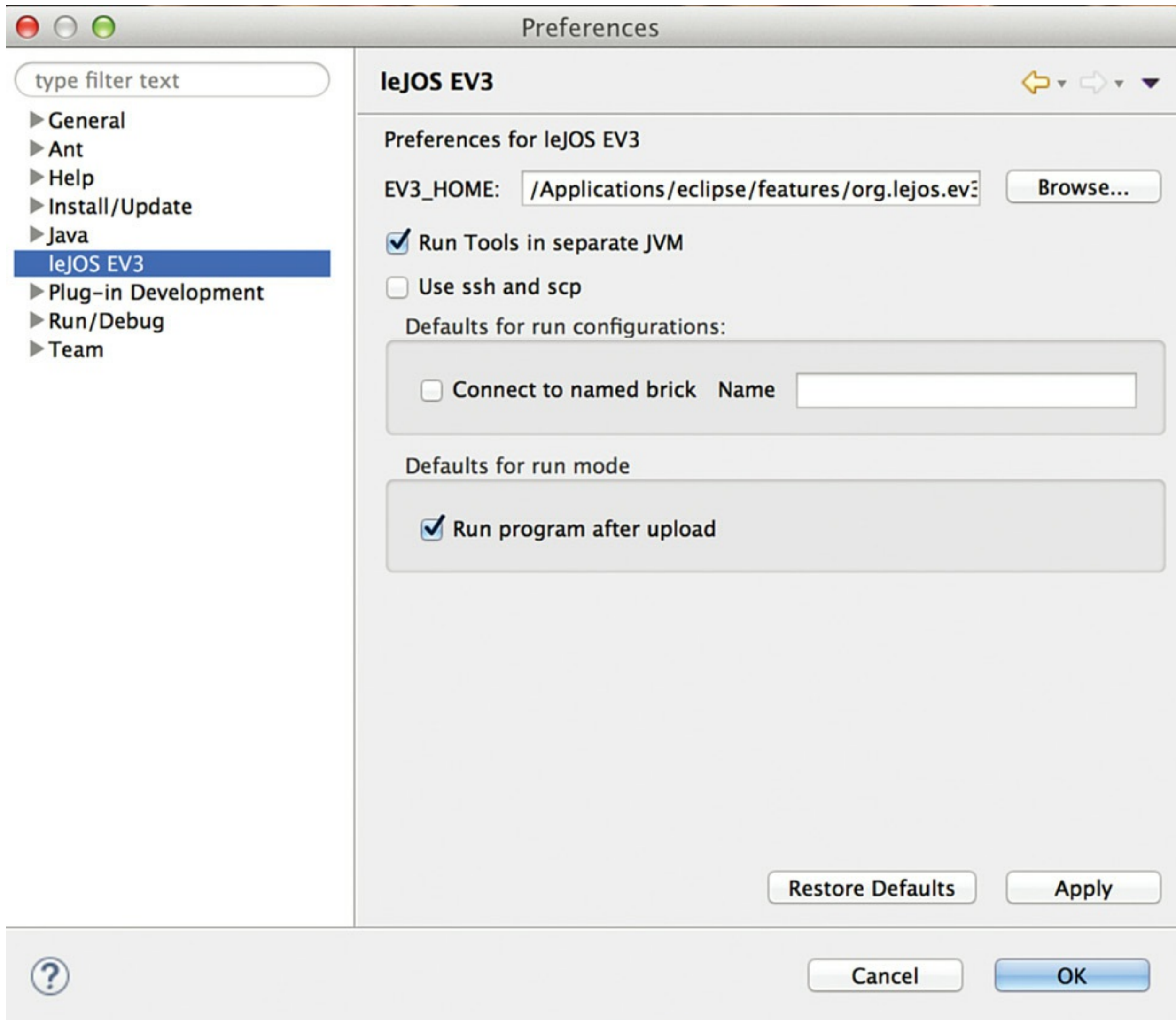


图12.3　路径显示方式可能和Windows系统的不同，但概念是一样的

12.1.2　装载SD卡

在搭建好编程环境之后，你需要载入一张SD卡，然后在EV3上启动leJOS。你需要找一张micro SD卡，如图12.4所示。

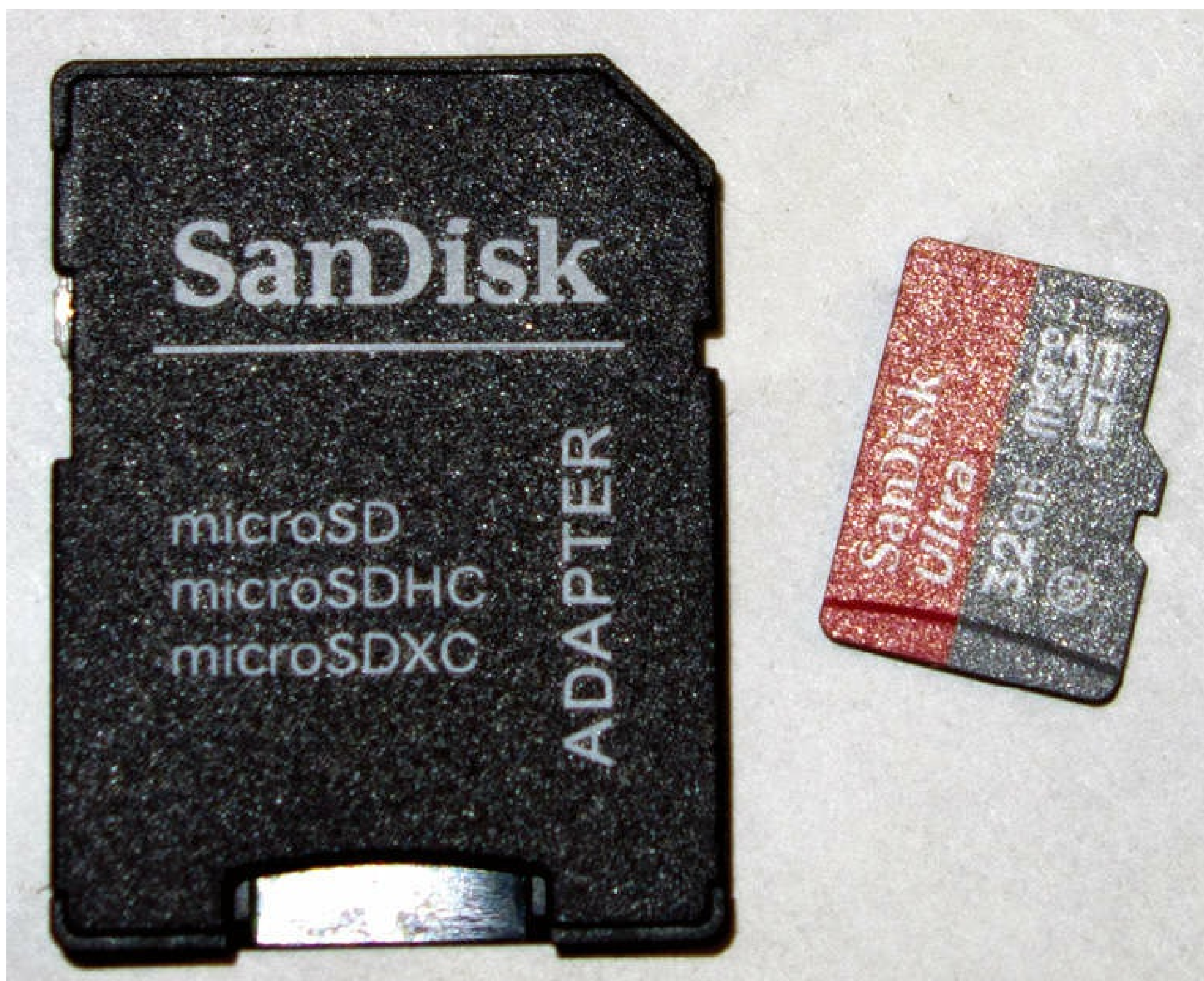


图12.4　右边是micro SD卡，左边是SD适配器

在智能手机和平板电脑中我们经常使用micro SD卡，通常它会带有一个更大些的SD卡适配器，这样你就能把它们插入标准规格的读卡器中使用。笔记本电脑和台式机一般都使用这种读卡器，或者你也可以自己单买一个读卡器来用。

注意你的micro SD卡不能大于32GB，而且你的台式电脑能够把信息写入到卡中，比如借助如图12.4所示的SD适配器来实现。

> 提示
>
> 在参考下面这些操作指南之前，请先到www.legos.org的leJOS wiki上面确认它们没有变化。

下面的步骤适用于leJOS 8.1 beta版。

1. 从http://sourceforge.net/p/lejos上下载leJOS。

2. 从Oracle官网下载嵌入有JRE的Java SE软件开发包第7版，下载地址是：http://www.oracle.com/technetwork/java/embedded/embedded-se/downloads/index.html#javase7update。在下载之前，你必须要注册一个Oracle账号，注册是免费的。这里有很多选择可以下载，不过就本书而言，你应该下载的文件是“RMv5 Linux – Headless EABI， SoftFP ABI，Little Endian”。

> 注意
>
> 没错，你是在下载另一个版本的Java，不过这个版本一般都在嵌入式设备中使用，如智能手表、汽车的仪表盘或者EV3机器人。 Java和leJOS组件由于法律原因需要分开下载。因为leJOS并不是Oracle 的官方项目，但Java是。

3. 如果需要的话，请格式化你的micro SD卡。请使用FAT32格式。一般情况下，你不用自己格式化，因为micro SD卡出厂时会默认格式化成FAT32格式。如果你插入读卡器的是一张未经格式化的卡，电脑会立刻提醒你。

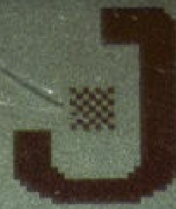
4. 打开你下载的leJOS并解压缩。

5. 在leJOS文件夹中，你应该能找到一个文件名为“lejosimage.zip”的文件。把这个文件直接解压缩到micro SD卡的主要文件夹内或者根目录下。

6. 把JRE.gz文件（这是你从Oracle下载的文件之一）拷贝到存储卡上。

7. 把准备好的micro SD卡插入你的EV3。

8. 启动EV3，这时候leJOS的启动画面就会显示在屏幕上了，如图12.5所示。



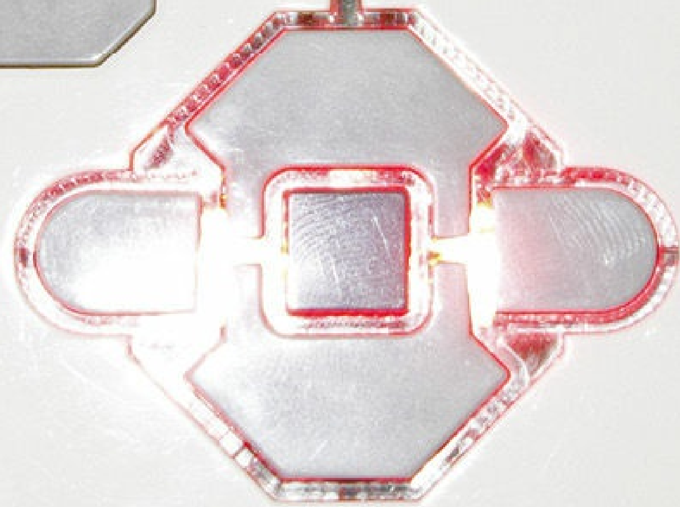




图12.5　leJOS的启动画面可以让你知道micro SD卡安装到位了

第一次启动leJOS会比较慢，系统大概需要10分钟左右的时间来进行初始化。屏幕会显示启动进度。之后的启动速度就会快很多。

如果出现下列两种情形之一，那么很可能你的SD启动盘创建得不成功：一是EV3启动后屏幕无任何显示，你也看不到leJOS的LOGO；二是leJOS开始启动，但是10分钟之后系统仍然没有响应。如果出现以上情况，再等10分钟看看以便确认是不是真的无法正常启动。不过不用担心，即使无法正常启动也并不会损坏你的EV3。

无响应SD卡的处理办法如下。

1．取出并重新装入电池来关闭EV3。

2．从EV3侧面取出micro SD卡。

3．重新启动EV3，这个时候EV3自带的系统就会启动。这也是使用leJOS的一个好处。无论发生什么， EV3自带的操作系统都不会被移除。

4．重新制作一次micro SD卡，然后再试一次。

如果问题持续出现，请确认你的SD卡容量不大于32GB，因为EV3不支持更大容量的SD卡，并且注意你一定要严格按照上面的步骤在micro SD卡上创建leJOS的镜像。

12.1.3　使用LeJOS

如果一切按照计划进行，那么恭喜你，现在你可以在EV3上使用leJOS了，它的界面和EV3自带的系统界面有较大区别，如图12.6所示。

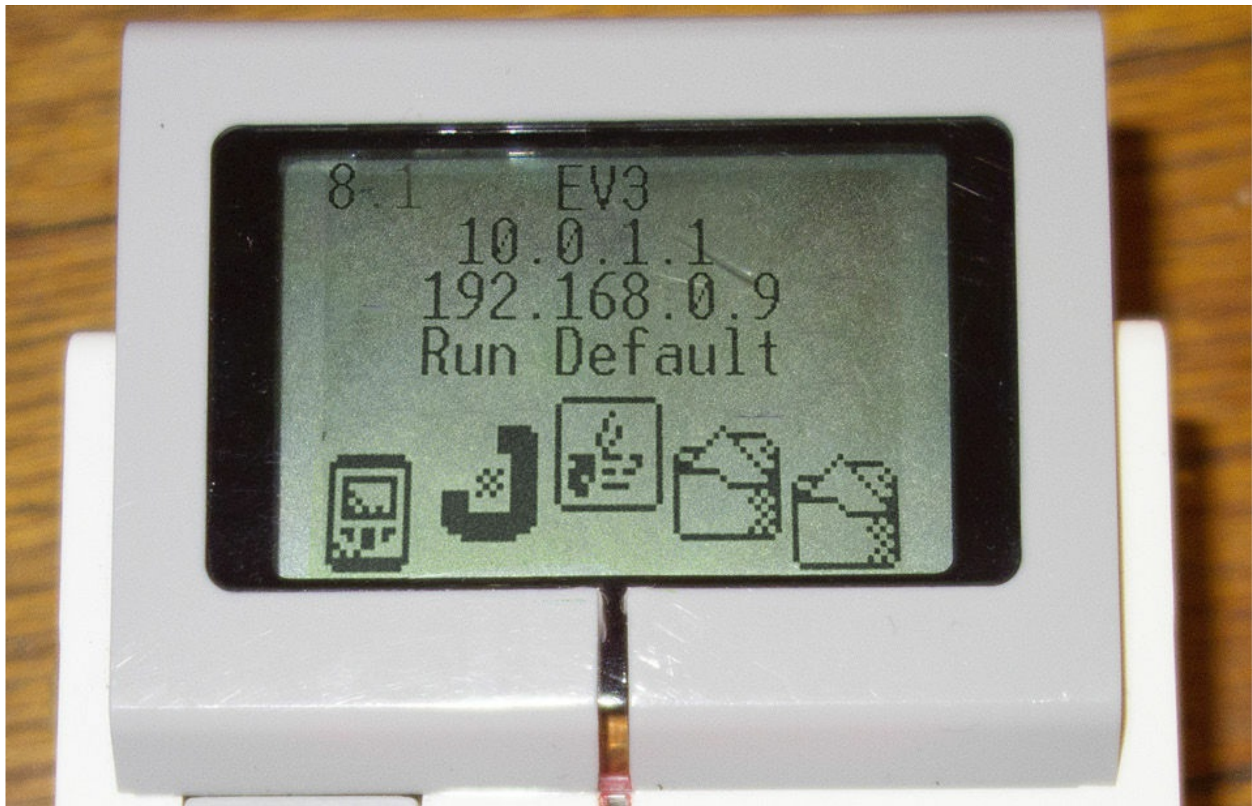


图12.6　使用EV3智能砖的按键实现功能切换

你可以使用EV3智能砖的按键在不同图标之间进行切换。左右按键可以切换顶层菜单图标，中央按键可以根据实际情况打开文件夹或者执行程序。

本书并不能提供给你一个在leJOS环境下深度的编程指导，但是我们可以整体介绍一下。能在Java环境下运行的程序都带有.jar的扩展名，并且可以使用Eclipse或者其他的IDE进行编译。虽然Eclipse可以给你提供代码提示和测试工具等便利措施，但是Java文件本身还是需要纯文本编写。在EV3家庭版的软件中，程序就好像是一个带互锁的积木块，但如果使用Java编程，你必须知道在何时如何执行一条命令是最好的，而且你必须每条都自己写出来，而不能用简单的拖曳来实现。

举个例子，一条让屏幕显示经典问候语“hello world”信息的Java命令应该是这样的：

```
TextLCD.print(“HELLO WORLD”);
```

这其实和将一个显示模块定义成显示文本“HELLO WORLD”实现的

功能是一样的。相比而言，leJOS是一个更加复杂的环境，但是功能也更强大。

当整个程序开发出来之后，你需要把它编译为一个.jar文件，并且把它写入到micro SD卡中来使用。

想拆解一个别人已经写好的程序，请在leJOS Git样本程序库中选择使用。目前程序库中包括：

- EV3BumperCar（EV3碰碰车）
- EV3ColorTest（EV3颜色测试）
- EV3GraphicsTest（EV3图像测试）
- EV3SensorMonitor（EV3传感器监控）

你还可以在leJOS wiki网站上找到更多信息和辅导教程，网址是：http://sourceforge.net/p/lejos/wiki/Home/。

12.2　社区创建的模型

在第4章中，我们纵览了乐高公司提供的机器人模型，但是社区永远是乐高机器人技术背后灵感的一部分。乐高机器人的铁杆粉丝们建立了许多非正式的组织和论坛来分享他们的想法，乐高自己也设立了一个官方的渠道来方便其他乐高社区会员交流想法。社区分享的机器人可以通过EV3软件界面下的社区链接下载。你也可以上传自己的机器人作品到社区，在乐高家庭版软件上通过以下步骤就能实现。

1．打开你希望分享的项目。

2．进到项目属性里。

3．添加一个描述。

4．添加至少一张项目的图片。

5．你还可以添加一段机器人活动的视频，当然这不是必选项。

6．单击“Share Project”（分享项目）按键。

在上传你的机器人之前，一定要确保你有这个项目完整的文档信息。图12.7展示的是分享界面。

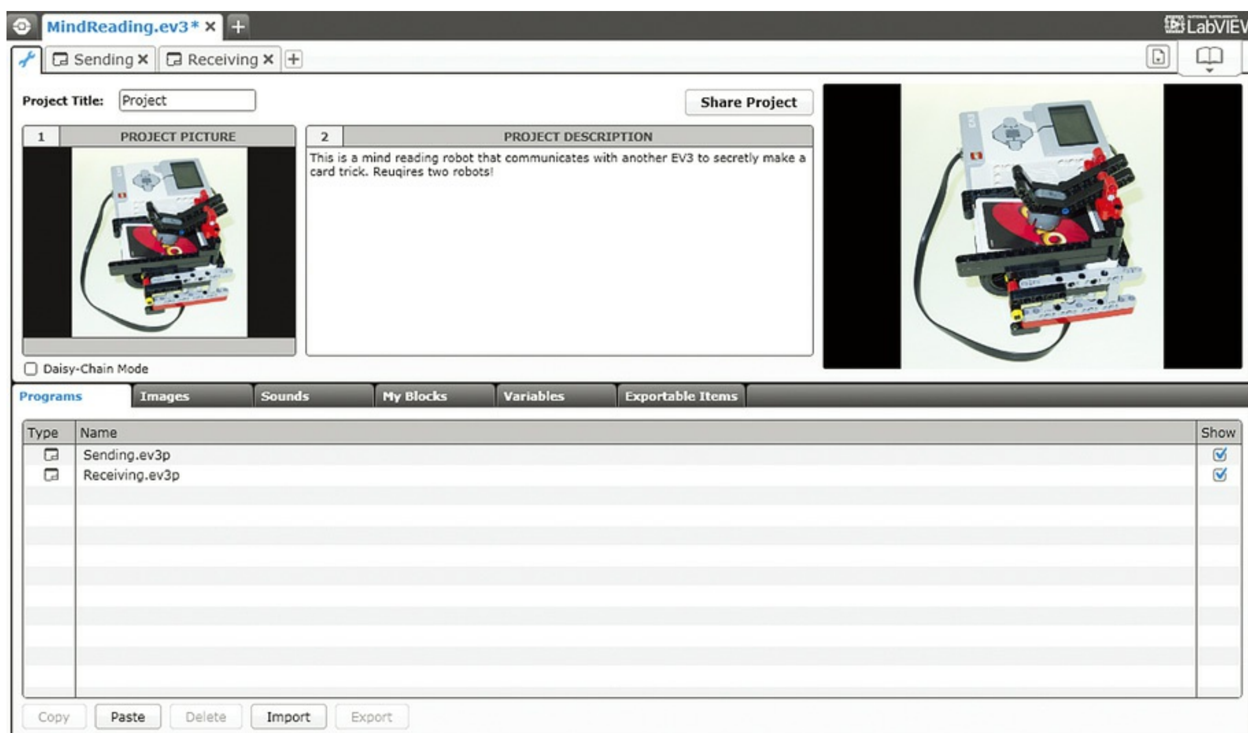


图12.7　这个项目已经可以上传到社区了

乐高在创建社区的时候还放入了一些早期测试者的成果，这些机器人也是值得一试的。在家庭版软件的大厅部分单击“More Robots”（更多机器人）就可以找到这些成果。下面我们来看一些来自乐高社区的非常酷的例子。

12.2.1　DINOR3X

DINOR3X是一只爬行类机器人恐龙（看起来像三角龙，如图12.8所示），它在机器人行走方面的设计非常值得借鉴，可以看看它是如何让机器人行走起来不摔倒的。

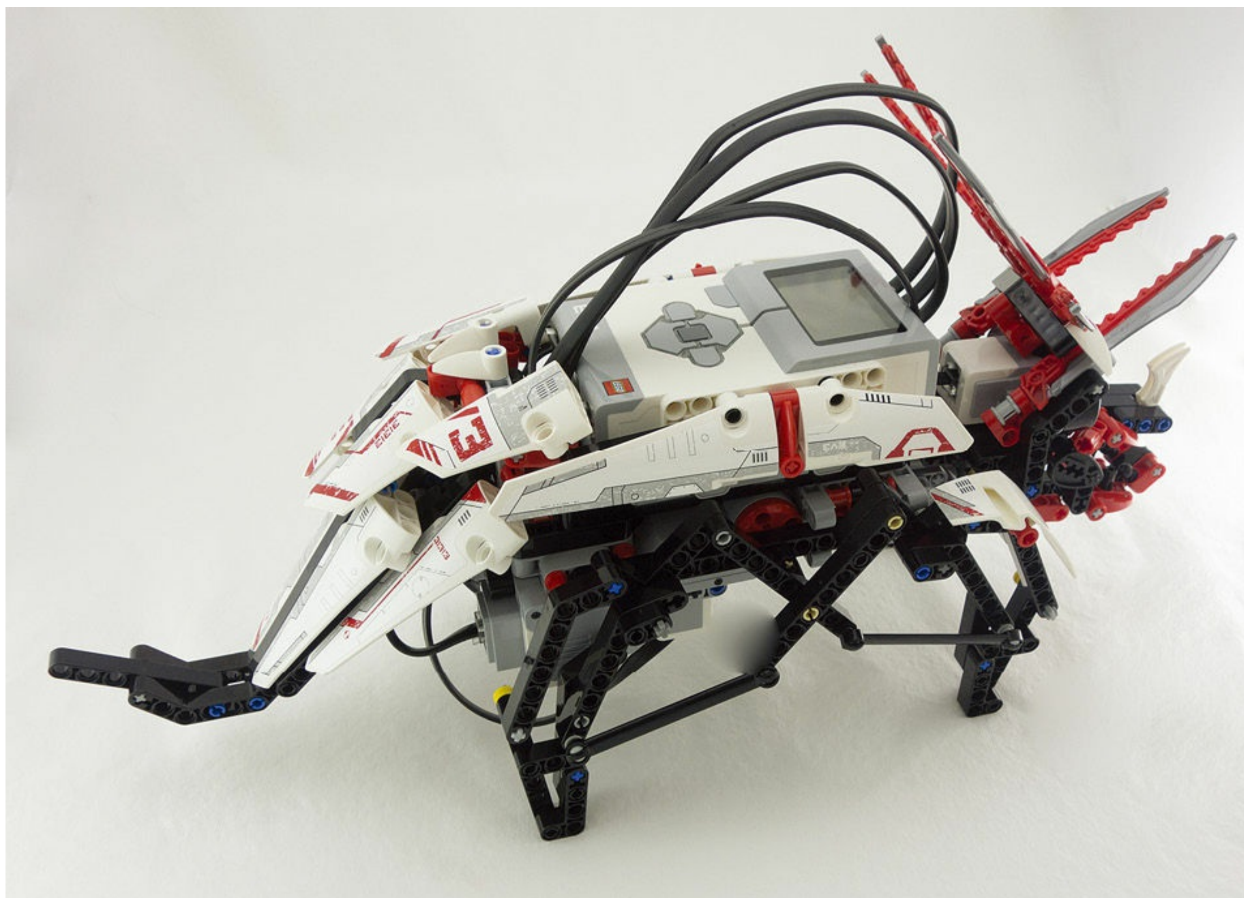


图12.8　DINOR3X非常稳健，同时还拥有凶悍的恐龙外观

12.2.2　EL3CTRIC GUITAR

EL3CTRIC GUITAR是我最喜欢的搭建之一。它是一架可以根据不同滑行翼位置而发出不同音调的电吉他，如图12.9。按下一个杠杆就可以实现弹奏，这个杠杆连接着一个隐藏在内部的触动传感器。


EV3

图12.9　注意观察在通常琴弦所在的位置有一个灰色的轴，它是专门设计并准确放置用来接触触动传感器的装置

12.2.3　EV3D4

EV3D4是一个R2-D2风格的机器人，并拥有一个“太空船”遥控器，如图12.10所示。如果你检查EV3D4的程序，会发现一个被定义为“Switch”的模块，它可以根据遥控器的指示来控制智能砖上按键灯的闪烁，非常有趣。


EV3
LEGO

图12.10　机器人可以通过让智能砖上的按键灯闪烁对遥控信号做出回应

12.2.4　EV3MEG

EV3MEG是一个拥有机械臂的机器人，它的机械臂可以成功地抓起铅笔（如图12.11所示）。如果你想弄清楚如何在EV3上做出一个功能健全的手臂，那么这将是一个非常值得学习的设计案例。



图12.11　在EV3家庭版配件有限的情况下能实现4个轮子和两只机械臂的配置无疑可以说是一项成就

12.2.5　MR B3AM

MR B3AM是一个拥有颜色传感器和轮子的机器人（轮子并不是用来移动的哦）。如图12.12所示，它可以通过颜色传感器和轮子来测量科技版梁的颜色和长度。从实用角度来说，其实这个机器人作用不大，因为大多数人可以用肉眼一下子分辨出梁的颜色，而且自己数梁上的孔也比机器人测量要快。但是，如果从工程设计角度来看的话，这个项目真的很酷。



图12.12　在轮子下面的空隙插入要测量的梁

12.2.6　KRAZ3

如图12.13所示， KRAZ3是另一个拥有经过精心装饰的红外线遥控器/信标“朋友”的机器人。你既可以通过编程设定遥控器的功能，也可以将KRAZ3设置为信标模式。而我发现，这个机器人最有趣的是它用独特的方式充分利用了很长的坦克履带。它将履带支撑做成三角形而非传统的长椭圆形，同时保留了坦克的稳定性。其他一些搭建的设计，如

BULLDOZ3R，也应用了类似的想法。

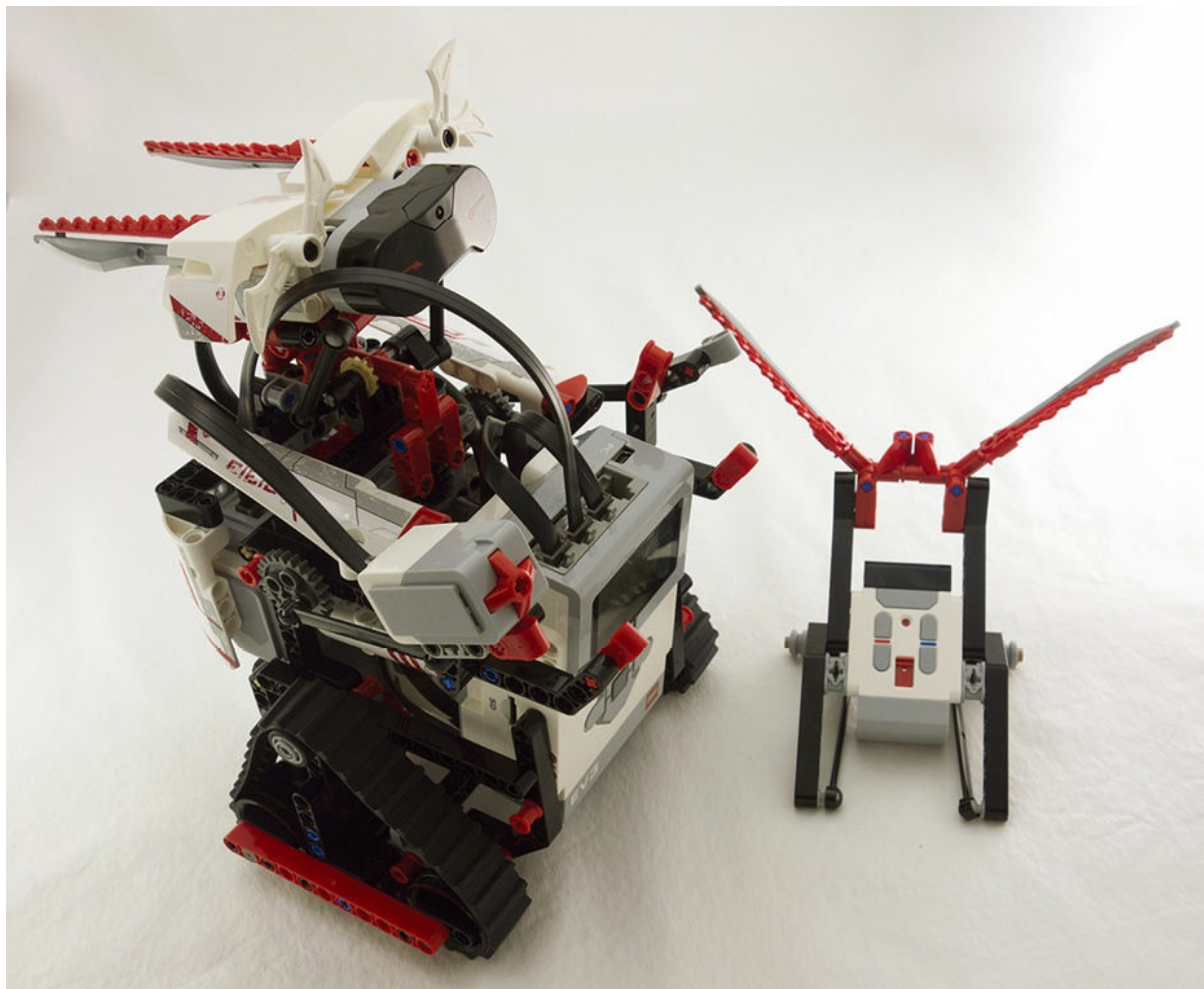


图12.13　注意观察机器人下方的履带是如何利用既短又高的空间同时还保证机器人稳定的

12.2.7　RAC3R

RAC3R的设计理念是将它做成一个赛车的基本模块，并且可以通过修改齿轮来实现各种不同设计（如图12.14所示）。搭建好后，它可以自己行驶，也可以使用遥控器操作。



图12.14　RAC3R看起来更像是辆卡车，所以你也许想让它后面拉个东西跑

12.2.8　EV3GAME

如图12.15所示， EV3GAME的功能是使用3个轮胎和一个红球玩藏豆子戏法[1]。你把红球藏到一个“碗”下面，可以用遥控器设置难度级别，然后猜猜看球到底藏在哪个“碗”下面。



图12.15　EV3GAME是一个巨型的藏豆子戏法

藏豆子戏法本身很有意思，不过我更建议你看看它的程序。由于定制化模块的优势， EV3GAME的整个程序非常简洁，如图12.16所示。



图12.16　看看这个只有一行的程序吧，能产生多种结果

12.2.9　WACK3M

如图12.17所示， WACK3M是一个“打地鼠”游戏机，它使用3个轮胎作为会钻出地面的“地鼠”。让这个游戏变得有趣的是，它使用红外传感器而不是触动传感器来检测打击。

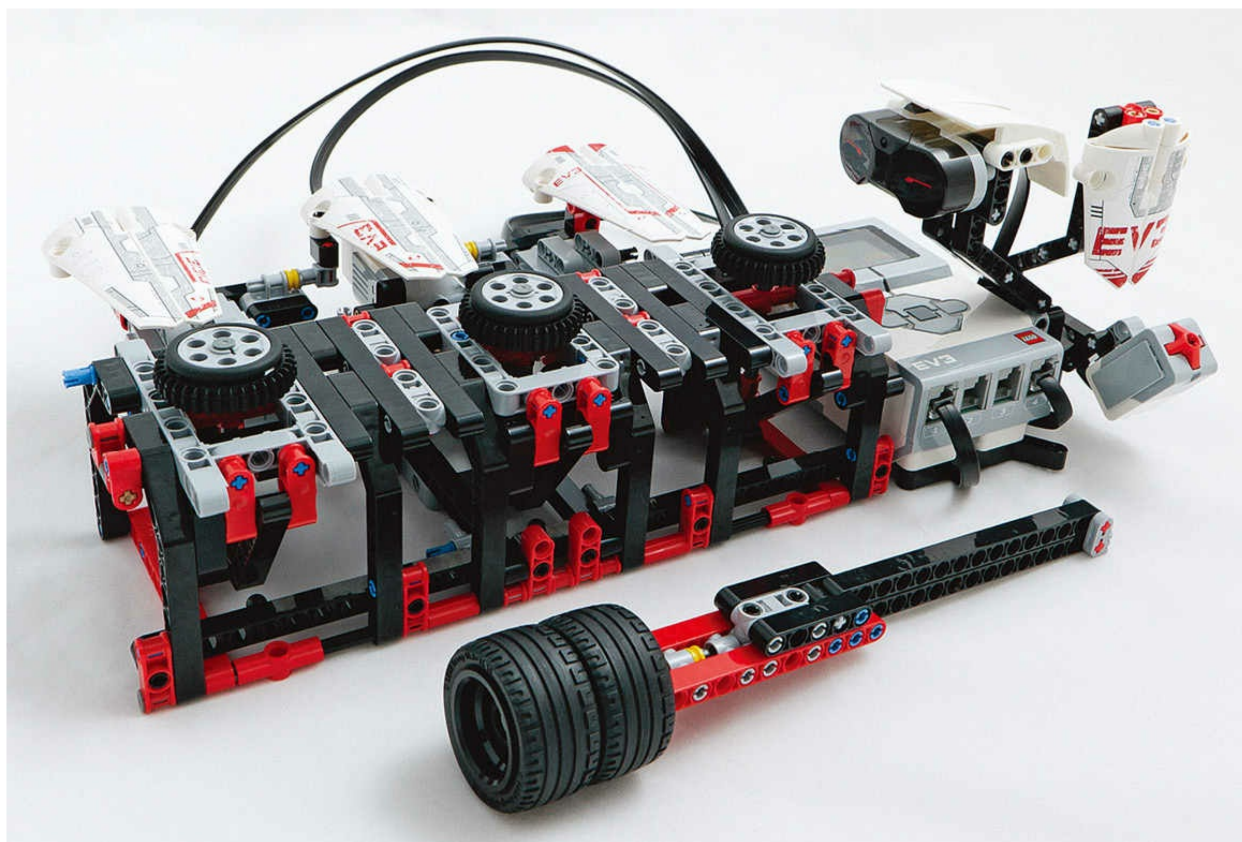


图12.17　WACK3M还有一个有趣的地方是，在说明书中作者强调，不要使用游戏中的大锤击打别人的脑袋

12.2.10　BANNER PRINT3R

BANNER PRINT3R可以与一只马克笔和一张收据条打印纸（或者其他一张类似尺寸的纸条）组合使用，并在纸条上写出标语（如图12.18所示）。确实，这套装置本身已经够酷了，但更重要的是，就是这套模型启发了一位12岁的孩子Shubham Banerjee，并帮助他解决了一个现实中的问题。当他得知一台盲文打印机价格高得离谱时，他摒弃了马克笔并改装了BANNER PRINT3R，让它可以将盲文直接刺印到纸上。

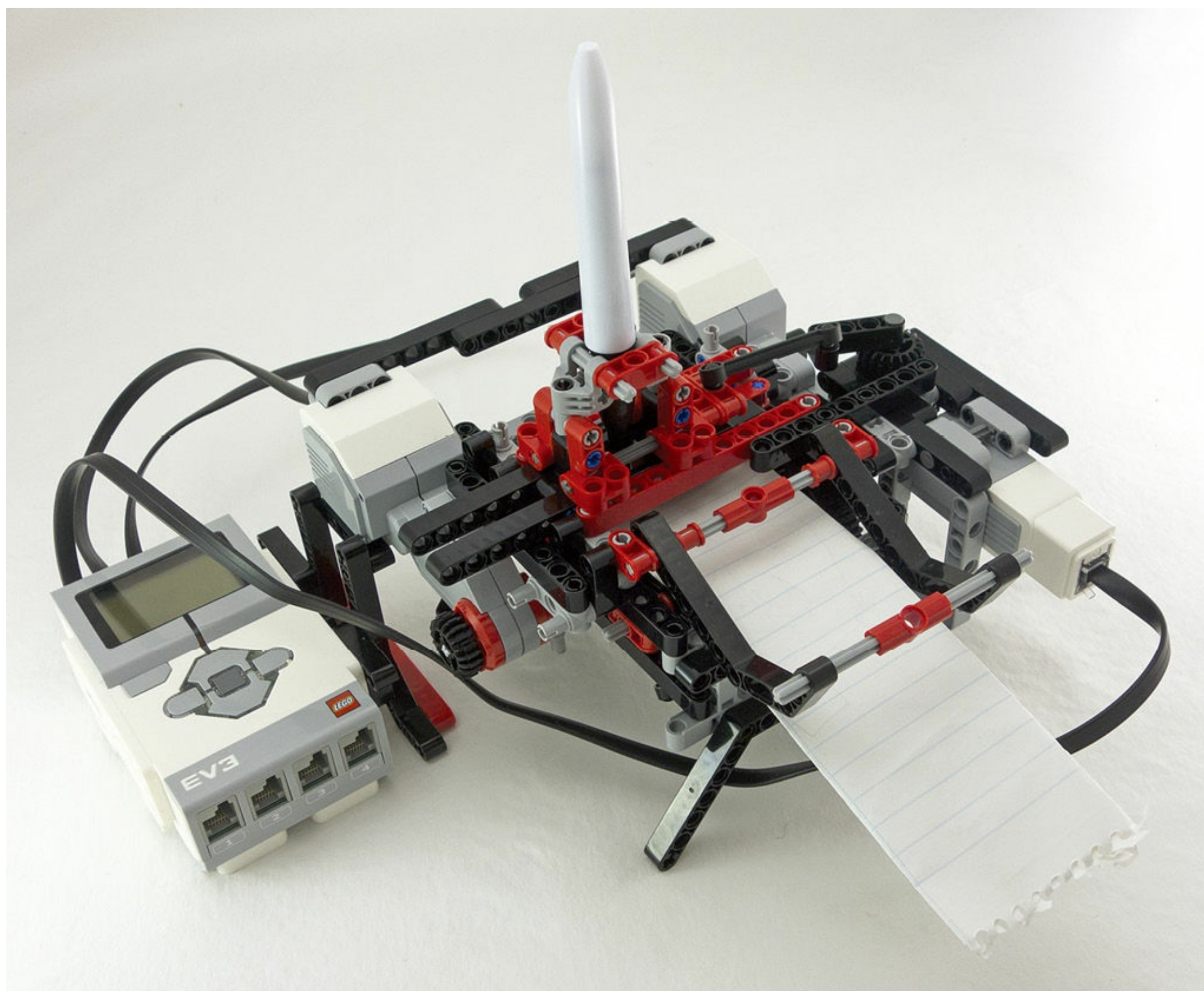


图12.18　在这个打印机的启发下， Braigo盲文打印机诞生

如果你也想尝试一下Braigo，可以在MAKE网站下载相应的搭建说明书，网址是：http://makezine.com/projects/braigo-a-diy-braille-printer-with-lego/。

12.2.11　找到更多社区

乐高社区并不仅仅存在于乐高的EV3论坛里。你可以找到很多专门用于乐高机器人技术讨论，寻找配件，甚至对专门类型的机器人进行讨论的网站。例如，MindCub3r是一个会玩儿魔方的机器人，你可以在http://mindcuber.com/mindcub3r/mindcub3r.html上找到并下载搭建说明书。

MindCub3r是一个NXT版本机器人（The MindCuber）的接口，但这个项目其实发展得很远。一个更加厉害的版本是使用大量EV3零件搭建的，它还使用一部手机作为“大脑”，这让它可以用3.2秒拼好一个普通魔方。（人类复原魔方的最快纪录为5.5秒[2]，是由Mats Valk在2013年创造的。如果有机会我建议你看一次魔方大赛，那场面真是神奇。）

12.3　获取额外的乐高配件

就如在第1章中所提到的， EV3对于乐高科技系列是兼容的。你可以购买科技系列的套装并把零件用在EV3上。而目前越来越多的传统乐高套装中也包含一些科技系列的配件。

除此之外，你还可以参考第3章中提到的，在乐高教育平台上购买新的传感器和配件（参看网址：https://shop.education.lego.com）。另外，如果需要购买超声波传感器、球头万向轮套件、陀螺仪传感器的话，你可以去买可再生能源套装、探测器以及太空活动套装。

Brick Owl （http://www.brickowl.com）是一个非官方的乐高交易平台，由很多个体商店组成，主要专注于对零散配件的交易。如果你想要单个配件，那八成能在这里找到。

乐高也有自己的在线配件商店：http://shop.lego.com/en-US/Pick-A-Brick-ByTheme。你可以过滤搜索结果使其只显示科技系列。

eBay和Craigslist同样也是很有可能找到额外配件的地方。有时候你能从一些收集乐高小人偶和其他限量产品的分销商那里买到各种各样的乐高配件。

12.3.1　Tetrix

乐高教育和Pitsco另外介绍了一个独立的兼容产品系列——Tetrix，这个系列可以被EV3控制。 Tetrix系列的零件都是由金属（航空级别的铝合金）制成的，因此相比EV3家庭版套装里的塑料零件来讲，用它可以做成更大更结实的机器人。

更多信息可以访问：http://www.tetrixrobotics.com/。

12.3.2　K’nex

大部分的K’nex系列零件都能够与EV3兼容，不过有些部件不行，如电动零件。但你可以使用EV3来给K’nex搭建的装置供电。

12.3.3　Erector Sets

EV3的一部分零件能够和Erector兼容，但数量较少，估计不到50%能用。如果你有一套老的Erector压在箱底，那就去找找看是不是有可用的材料吧。

12.3.4　3D打印机

如果你拥有一台3D打印机，那你就可以打印自己定制的EV3配件了。你无法打印出整个的智能砖或者传感器，但你可以打印出梁、轴以及其他有用的东西。在Thingverse网站上有可供下载的打印机指南：http://www.thingiverse.com/tag:LEGO。

如果你没有3D打印机，那么也可以去看看你所在的城市是否有Makerplace。Makerplace有时候也被叫作“hacker spaces”（创客空间），这是一个社区运作的空间，向会员提供常用设备（如3D打印机），不过会员是收费的。当然，也有一些商业公司提供针对客户定制的3D打印服务，不过用一个打印服务公司来制作一个配件肯定会比自己去Brick Owl淘一个要贵得多。

12.4　机器人大赛

拥有EV3后，参加比赛是一个非常棒的深度玩法，无论单挑还是团队作战都很不错。比赛每年都能给你带来新的挑战，而看到其他对手如何解决同样的挑战将对你非常有启发性。总体来说，乐高的机器人大赛是面向孩子设计的，不过成年人可以成为教练或者志愿者。成为志愿者或者教练，你基本上就可以融入乐高机器人忠实粉丝们的社区了。（这并不是说你永远都无法参加比赛，你也可以和其他教练们组织非正式的小型比赛。）

12.4.1　第一LEGO机器人联赛

第一LEGO机器人联赛估计是世界上最有名的机器人联盟赛事之一。它为乐高专门开设了一项赛事——第一LEGO机器人联赛（First LEGO League， FLL）——最高八年级可参赛。你通过他们的网页可以加入或者自建一支队伍，网址是：http://www.usfirst.org/roboticsprograms/frc。

除此之外， First Robotics还为可能成为联赛教练的你提供大量资源，以及可以讨论和解决EV3编程问题或设计问题的论坛。

12.4.2　国际奥林匹克机器人大赛

国际奥林匹克机器人大赛（WRO）是一项以3名学生为一个战队的校际间的国际赛事。你可以从以下网址找到更多信息：http://www.wroboto.org/。

12.4.3　4-H

4-H组织的其中一项工作是向7～18岁的孩子教授科学、技术、工程、数学（STEM）等课程。根据你所在的地方不同，组织会为不同的地方提供有差别的资源和不同类目的内容，但是4-H开发了一个通用的机器人项目，这样大部分地方都可以在地方集市开放同等的机器人大赛。在很多地方，你都可以参与团队或个人比赛。

想要获得更多关于4-H的信息或者离你最近的俱乐部信息，请访问

以下地址：http://www.4-h.org。

12.5　装饰你的EV3

没有人说EV3开箱时什么样就必须一直是什么样。你完全可以自己装饰EV3，可以用模型颜料、贴纸、胶带、美甲油以及很多其他工具。而喷涂方式对于装饰EV3来说则是速度最快和效果最持久的方式之一。

请避免给传感器、电线、齿轮和智能砖上色。因为这些配件含有敏感的接口和活动部件，所以它们很容易被堵住、腐蚀或者被其他方式损坏。

在涂装时先用一些不那么贵重的零件实验。如果你在同一个零件上涂装过多，那么这个零件就很有可能无法再与其他零件匹配。

可以喷涂的配件包括各种梁、梁框架、白色的平整的翼形配件、尖状物和“宝剑”。而对于伺服系统、传感器、线缆、轮胎、齿轮以及智能砖，则一定不要进行任何喷涂，并且让它们远离喷涂现场。当你给部件上色的时候，一定要注意以下几点。

- 对塑料件要使用Krylon’s Fusion （一种喷涂漆料）或相似品牌的塑料专用漆，这样你可以不用喷底漆，从而减少喷漆层数。
- 要在通风良好的地方进行喷涂，如户外。
- 喷涂层一定要尽可能地薄。
- 避免油漆滴落。
- 要等油漆干了再喷涂下一层。
- 等油漆干了之后再翻转部件，这样才能每个角度都喷到。

根据Krylon的数据，喷涂需要7天才能完全干透而且“没有剥落”，所以如果你要喷涂，那就耐心一点吧。如果过早地使用喷涂后的配件，那你之前的心血就都有可能白费。你也可以用珐琅质涂料（如指甲油）来涂装乐高的配件。不过同样地，请不要碰伺服系统、传感器和智能砖。

12.6　小结

在本章中，我们一起探讨了在乐高虚拟编程环境下使用leJOS这种第三方编程平台的种种想法。同时，你看到了由乐高社区创造的一些机器人范例，也看到了被它们启发而创造出属于你自己版本的可能性。你也学到了通过多种不同方式来获取额外的配件，甚至包括从乐高的竞争对手那里购买。最后，你了解到了关于目前乐高大赛和社区的一些信息。记住，在你与乐高机器人一同成长的时候，也要把你的所学分享给他人哦。

---

[1]　类似于把一个豆子藏在3个扣着的碗中，然后让观看者猜测豆子到底在哪个碗下面。——译者注

[2]　这项世界纪录已在2015年被打破。在美国宾夕法尼亚州Doylestown举办的“世界魔方协会（WCA）官方挑战赛”上，一位名叫Collin Burns的年轻人创下了5.25秒的新世界纪录，成功地将三阶魔方速拧记录减少了0.3秒。魔方有很多形态，有正方体的，金字塔形的，非正方体形多面体的，等等。最常见的普通魔方是九宫格形态的正方体（也叫三阶魔方），就是每个面有9个色块，一共有6个面，复原后6个面颜色彼此不同。不同形态的魔方都有各自的最快纪录，时间也不尽相同。——译者注

附录 名词解释

如果你才刚刚进入乐高界、机器人界或者编程界，那么本书所使用的大量名词可能会让你感到困惑。当介绍这些名词的时候，我已经尽我所能去详细定义了，但是如果你不按顺序阅读，直接翻看你最喜欢的章节的话（其实我是鼓励这么看书的），很可能会错过我的介绍。这里还有一些名词我没有使用或者用得不多，但是却在论坛讨论或支持组中很常见。为帮助大家避免以上两种情况引发的疑问，我把这些最基础的名词解释总结归纳一下供大家参考。

31313：这是EV3家庭版中一个物品或者配件的编号。这个名词有时会出现在乐高机器人讨论板上，目的是弄清玩家手中拿到的到底是哪个套装。例如，乐高教育版的配件号就是45544。虽然两个套装都含有乐高EV3机器人，但是它们内含的搭建部件和传感器却是不一样的。大家可以参考第1章和第2章来查看两个版本里各有什么不同。

轮轴：轮轴（简称轴）是在乐高科技系列积木中用来连接一个或多个零件的小棍子（如图A.1所示）。轴本体是加号形状的，可以有很多种尺寸和颜色。轴也可以用来把大号或中号电机的动力传递给车轮或齿轮。例如，在第4章中，轴被用来将电机的动力传递到坦克履带上，从而驱动Track3r移动。

轮轴连接器：这是一个用来将两个或多个轴连接在一起的部件（如图A.2所示）。这个部件可以是直的（把两个轮轴变成一个更长的直轮轴），也可以是弯曲的（使得力可以通过一个角度传播）。有角度的轮轴连接器也被称作“角连接器”。

球头万向轮：球头万向轮（如图A.3所示）是包含在乐高教育版套装里的。它含有一个大的金属球，球外面组装有一个茶杯状的外壳。其作用是让机器人行走起来有更好的机动性，与购物车和办公椅下面的万向轮很相似。你可以在第5章中找到更多的相关信息和例子。



图A.1　EV3家庭版里含有多种多样的轮轴



图A.2　EV3家庭版里所有的轴套都是红色的

球窝接头/牵引球： 这是一个末端会出现轴、销或其他部件的球状装置（如图A.4所示）。球形关节由两部分组成，除了球以外，还有一部分是转向齿轮或者轨距杆上面的球形卡槽，组装好后可以生成一个非常灵活的连接，很像人的肩部或髋部连接。在第1章中可以找到更多介绍。



图A.3　图中所示是一个组装好的球头万向轮



图A.4　末端是轴和销的球形关节

模块/程序模块： 模块是EV3图形化编程环境中最基础的编程元素。模块可以控制传感器、变量或者由使用者自定义。模块并不是指物理的乐高配件，后者被称为“积木块”[1]。想了解更多关于模块的信息，请参见第7章。

销头轴套： 销头轴套看起来就像个带手柄的摇把（如图A.5所示）。这个零件可以当作摇把来使用，或者用多种方式传递动能，如活塞电机。你可以访问www.technicopedia.com网站来看看使用乐高科技系列的零件打造的众多优秀活塞电机。



图A.5　乐高教育版中的销头轴套

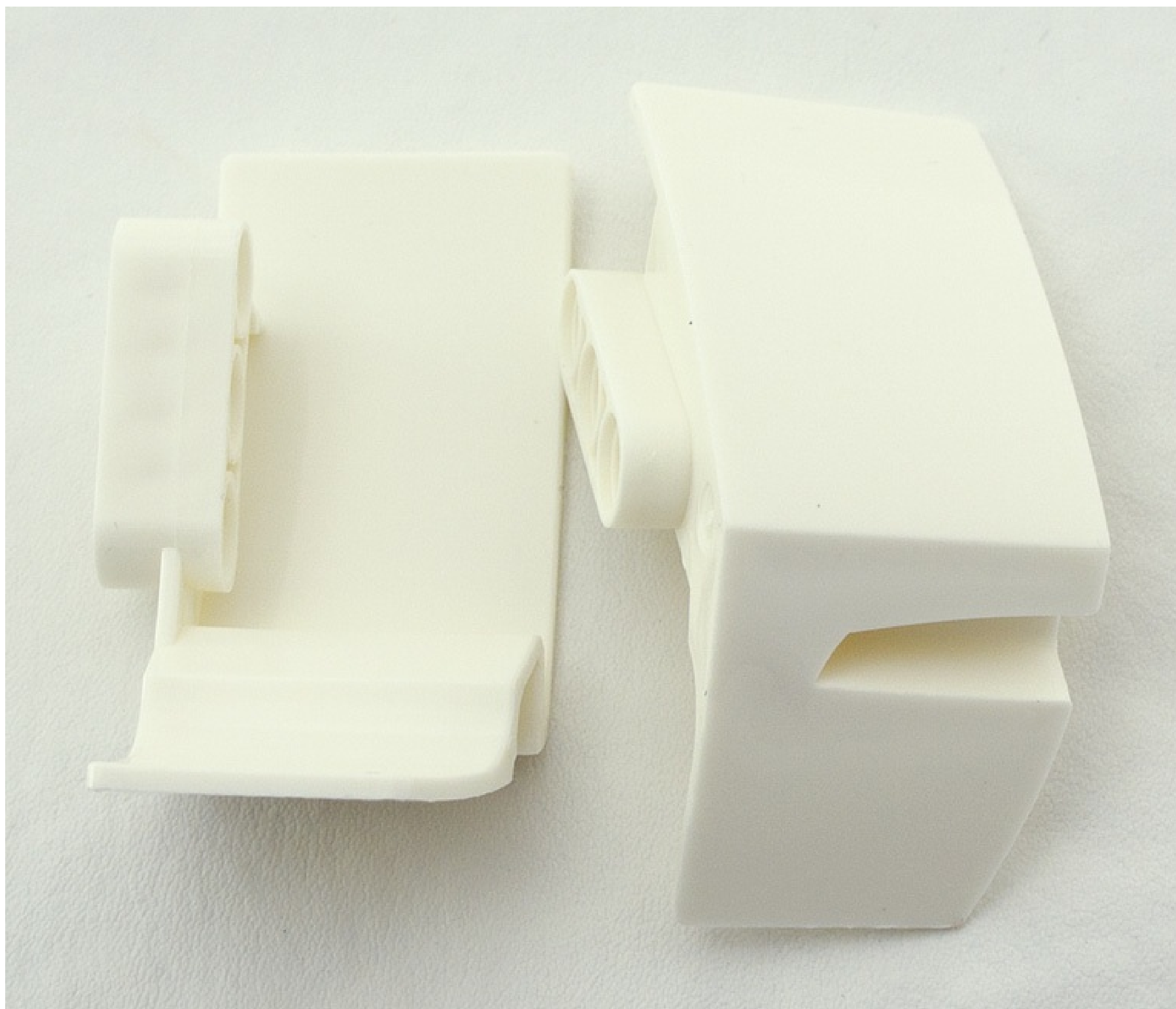
轴套： 轴套是轮轴终端的盖套（如图A.6所示）。它们的主要作用是防止车轮或齿轮等配件从轮轴的两端滑落。要了解更多信息请参见第1章。



图A.6　全高和半高的轴套

画布： 编程画布在EV3家庭版软件中是主要的编程区域。程序模块会被拖曳进画布并根据顺序排列。要了解更多信息请参见第7章。

汽车配件/造型元素： 汽车配件或者造型元素是对造型和功能进行了专门设计的比较大型的零部件（如图A.7所示）。它们通常会被安装在机器人外围， EV3家庭版还专门为这些配件准备了装饰用的贴纸。在第1章中可以了解到更多信息。



图A.7　没有使用贴纸装饰的汽车配件

万向轮： 万向轮是球头万向轮的替代品。它可以围绕着垂直的轴作自由旋转。通常我们可以在超市购物车或者办公椅下面看到它们。EV3套装并没有自带万向轮，必须由我们自行制作，搭建步骤参见第7章。

等角速万向节/万向节： 万向节在第2章的图2.32中有展示。它的主要作用是可以在两部分连接起来后有角度地传递动能，如机器人手臂或引擎。

内容编辑器： 内容编辑器是EV3家庭版软件中自带的一个电子记事本，你可以为自己建立一些笔记，也可以为别人建立说明和指导。在第7章中有更多介绍。在EV3教育版中也有一个内容编辑器，不过这个编

辑器是为教育者设计的用来建立或修改课程活动的工具。

核心套件/扩展套件： 乐高EV3教育版由两个部分组成。核心套件包括智能砖、传感器以及搭建用的科技系列配件。扩展套件则包括更多的配件，如更多的车轮、轮胎以及框架梁。请参见第2章了解更多信息。

交叉转换块： 交叉转换块（如图A.8所示）是一个特殊设计的梁，它可以将两个相互垂直的轴或销连接在一起。可以参见第1章了解更多信息。

菊链： 菊链是一种机器人连接方式，它将一个或多个智能砖连接起来从而整合计算能力和传感器接口。使用程序时，必须标明是菊链模式。这种方式最多可以将4个智能砖连接在一起。可以参考第11章来获得更多信息和灵感。



图A.8　两个简单的交叉转换块

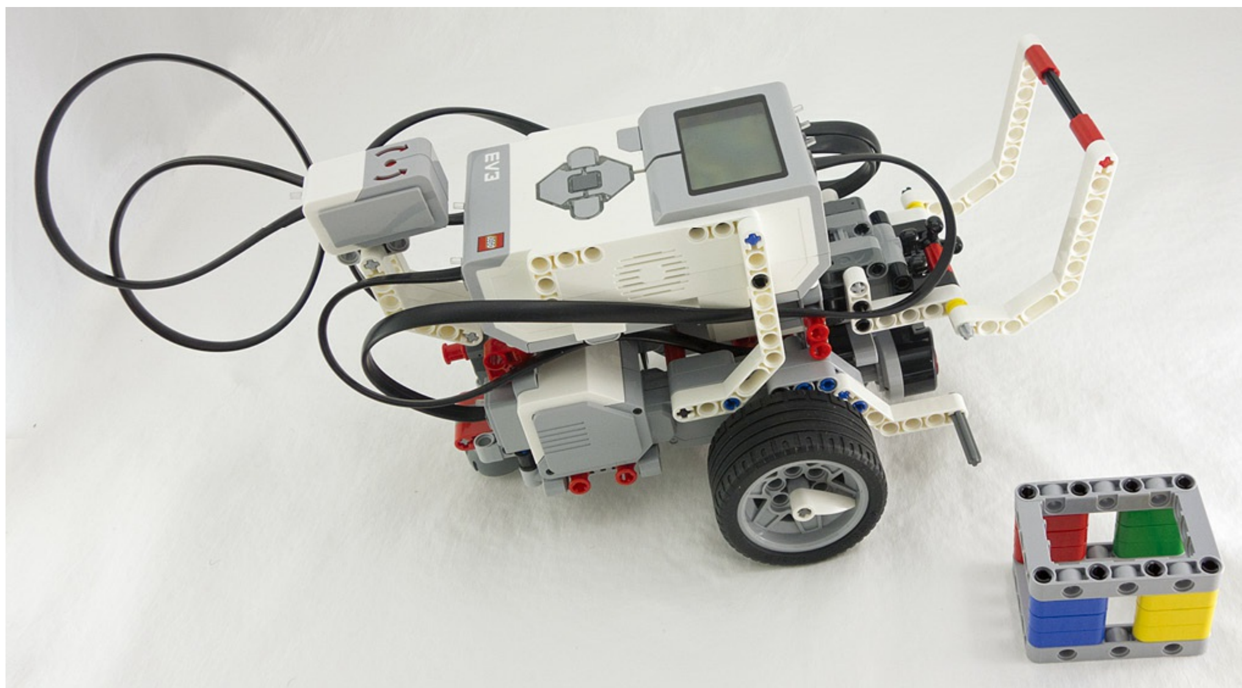
数据线： 数据线的作用是将不同模块间的信息（数据）连接在一起。举个例子，一个变量模块的输出可以和一个电机模块的输入连接在一起。顺序线的作用和模块间的排序相似，并且可以在画布上将不同的模块组单独区分开来。更多内容可以参见第8章。

差速器： 差速器经常被用在两个不同速率的车轮之间作为连接电机（如图A.9所示）。为什么两个车轮需要不同的转速呢？因为当机器人在转弯时，靠曲线外侧的车轮实际上要比靠曲线内侧的车轮转得快。在大多数小型机器人上，这并不会产生巨大的差距，但加装一个差速器能够让你更好地控制机器人。参见第2章可以获取更多信息。



图A.9　差速器

教育版运载车： 教育版动载车是乐高EV3教育版的一个基础设计。参见第5章可以获得乐高EV3教育版的更多信息，或者参见第6章可以学习使用EV3家庭版来创造的改装版教育版运载车（如图A.10所示）。



图A.10　带有陀螺仪传感器和超声波传感器的教育版运载车

Enchanting： Enchanting是应用于NXT的一个第三方、开源的头脑风暴编程语言。它是Scratch编程语言的修改版。到撰写本书时为止，还没有能够适用于EV3的版本发布。

EV3： MINDSTORMS EV3是乐高出品的一款可编程机器人，隶属于乐高科技系列产品线。

框架： 框架或者梁框架是一体化的长方形框架结构梁（如图A.11所示），可以用于大型的或者需要承重的项目搭建。



图A.11　这里展示的是两种基本类型的梁框架

齿条：齿条是被设计成可以和齿轮协作的运动机构（如图A.12所示），可以将齿轮上旋转的动能转化为齿条上线性的动能。参见第2章可以获得更多信息。



图A.12　齿条可以被用来产生举升力或者滑动力

齿比：当两个或更多齿轮连接起来的时候，将不同齿轮间的齿数差异数列比，变成一个约掉最大公约数后的数列比值，就是齿比。比如，一个4齿的齿轮和一个12齿的齿轮间的齿比就是1:3。齿比差异会造成传动上的差异，因为齿数越少的齿轮旋转得越快。举例来说就是在

1:3齿比之下，只有4个齿的齿轮转速是拥有12个齿的齿轮转速的3倍。

GitHub： GitHub是一个开源软件发布和维护的平台。程序员们喜爱GitHub是因为它允许程序员保持对软件项目的变化和最新版本拥有控制权，而如果你不是开发人员或者项目参与者，也依然可以下载软件。EV3的第三方编程软件和操作系统的破解很多都发布在GitHub上。请直接访问：www.github.com来获取更多信息。

家庭版： EV3分为家庭版和教育版两个版本发售。这两个版本有些许的部件差异，但可以相互兼容。想获得更多信息，请参见第1～4章。

IDE（集成开发环境）：这是一种能够让编程变得更轻松的软件。通常情况下，你可以藉由IDE来编译代码，并且防止编写过程中的拼写错误等。乐高家庭版软件其实就是一个IDE，但当你使用第三方编程语言的时候，可能更想使用独立的IDE（如Eclipse）。

智能砖： 它是乐高EV3的大脑和计算核心。智能砖拥有屏幕、传感器接口、按键、中央处理器、卡槽以及扩音喇叭（如图A.13所示）。

Java： Java是一款由Sun Microsystems（太阳计算机系统有限公司，目前已被甲骨文公司收购）开发的编程语言。它被设计成一种只需要编写一次，却能够通过内置虚拟机在多种不同类型的计算平台上运行的语言。Java语言的一个接口leJOS可以支持对EV3的编程。

LabVIEW： LabVIEW是开发EV3计算机软件的编程系统。

LEGO得宝： LEGO得宝是专为婴幼儿和学龄前儿童设计的乐高积木块。其系列积木块个头更大，可以有效预防孩童误吞危险，也正因为如此，它们和大多数其他乐高系列积木都不兼容。



图A.13　智能砖为机器人负责所有信息处理工作

LEGO教育：乐高教育位于美国堪萨斯州的匹兹堡，是乐高和Pitsco的一个合作项目。乐高教育发售多种专门为学校老师定制化设计的乐高积木系统，包括EV3教育版。

LEGO系统：乐高系统通用积木块是最常见的乐高产品类型，不过大部分配件并不能完美地兼容EV3。乐高通用积木块的最大特点就是使用凸点阵来相互连接。目前来看，乐高系统通用套装中也越来越多地包含了科技系列的配件，这些配件也可以与EV3兼容使用。

LEGO科技系列：LEGO科技系列是围绕着运动、电机以及机器人设计的产品。与传统乐高通用积木块的堆叠搭建方式不同，科技系列运用梁和销来搭建大部分建筑结构。

leJOS：leJOS是Java编程语言针对EV3的一个接口。请参见第12章来获得更多信息。

Linux：Linux是一个开源的操作系统，EV3的操作系统就是基于它开发的。

大厅：当你在电脑上启动EV3家庭版软件的时候，首先看到的区域就是大厅，有很多EV3的试用模型会出现在这里。你可以从大厅里下载其他使用机器人的说明书，也可以启动一个新项目。请参见第7章获取更多信息。

M：M测量法的基础单位是1个单独的梁孔的长度。梁和轴都通过M来测量。更多信息可以参见第1章。

MINDSTORMS：乐高的MINDSTORMS系列产品是一系列可编程机器人。它包括已经停止生产的RCX和NXT，以及现在的EV3。

任务：EV3家庭版说明书把搭建不同的试用机器人设为不同的“任务”。每个任务都有自己的目标和需要完成的机器人，不过有些任务会和其他任务结合从而完成一个更大、更漂亮的机器人。请参见第4章来获得更多信息。

模式：在编程模块中，左下角的模块就是模式选择器。模式可以控制模块与程序的互动方式。举例来说，一个颜色传感器可以运行在颜色探测模式、反光量度量模式以及周围光亮探测模式。

NXT 2.0：乐高头脑风暴NXT 2.0是EV3的上一代产品。参见第3章了解更多内容。

操作系统（**OS**）：操作系统是一个协调管理计算机软件和硬件功能的平台，并且允许其他程序在其上运行。EV3使用了一个以Linux为基础的OS，但是第三方的操作系统也可以在EV3上运行，如leJOS。请参见第12章来获得更多信息。

配对：配对可以帮助蓝牙设备之间建立一个可更新的稳定的连接。你的EV3和计算机之间可以通过配对来实现对EV3程序的无线传输。

销/栓：销（或栓）是圆形的棍状配件，用来连接科技系列中的梁配件（如图A.14所示）。销可以带有或多或少的摩擦力来让转动变快或者变慢。请参见第1章获得更多信息。

编程调色板：编程调色板是EV3家庭版软件下面的一个组成部分。你在这个区域可以选择模块并把它们拖曳到画布上。更多内容请参见第7章。

RobotC：RobotC是一个基于C语言的第三方编程语言。它包含了大量不同机器人系统上的很多教育性的素材和成果，包括VEX、Arduino和NXT。一个专门支持EV3的RobotC版本在2014年8月29日发布了。它并不是免费的，使用许可价格从每年49美元起售。



图A.14　EV3家庭版中带有一堆黑色的销

传感器：传感器是一个用专用的软质连接线连接到EV3传感器接口的装置，它们可以对机器人周围的环境数据实现专项探测。传感器包括颜色传感器（如图A.15所示）、陀螺仪传感器以及红外传感器。请参见第1章和第2章获得更多信息。



图A.15　颜色传感器可以检测光照强度和颜色

伺服电机： 伺服电机是由EV3供电的电机。伺服电机可以通过软质线缆连接到EV3。 EV3包含两个大型伺服电机和一个中型伺服电机。

长钉/生化眼/仿生眼： 长钉或者生化眼比较小， EV3套件含有长钉状的配件（如图A.16所示）。它们只有一个轴的连接口，除此以外没有其他连接装置。它们有时会被当作轴套使用。参见第1章可以获得更多

信息。



图A.16　EV3家庭版中的红色和白色的生化眼

圆砖：圆砖就是乐高通用积木块上的一个个隆起，积木之间就是靠它们连接在一起的。圆砖还可以单独存在形成一个独立的连接件，这种点可以用来作为EV3的华丽装饰（如图A.17所示）。



图A.17　这些透明的亮红色圆砖是乐高教育版扩展包中带有的配件

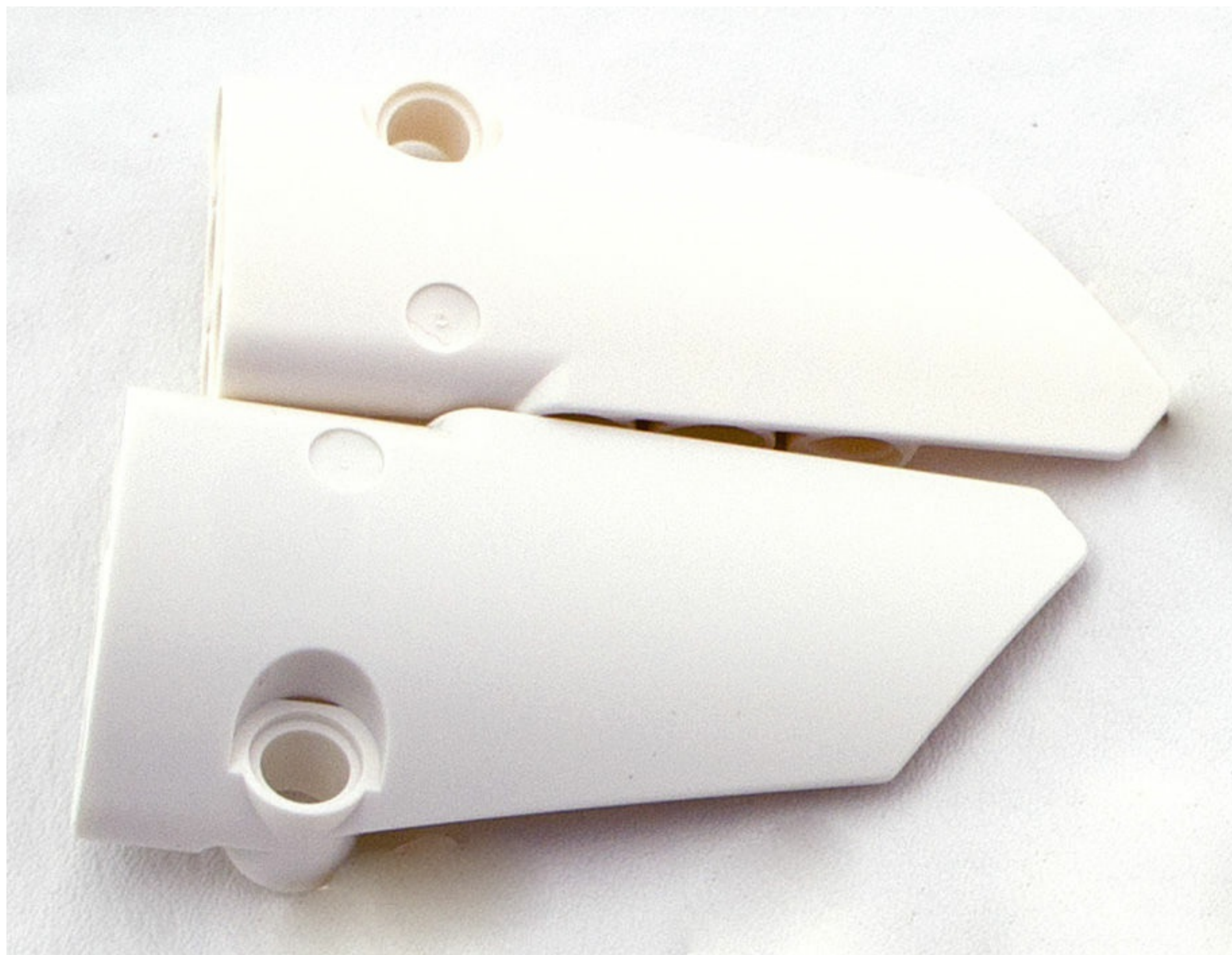
张力圈：EV3的张力圈就是类似橡皮筋的环形橡胶小圈，可以让你创造一些需要一点张力的项目，如机器人的手臂应当夹合得比较紧。参见第1章和第2章可以获得更多信息。

测试轨道：测试轨道来自于EV3家庭版的包装盒。参见第1章可以获得更多信息。

Tetrix： Tetrix是一个铁质的搭建系统，可以搭建更大型的（跟EV3有关）机器人。它是Pitsco出品的一套产品，有些部分可以和EV3兼容。

变量： 在编程中，变量用来表示那些可能会随时发生变化的数据。把它当作一个篮子来想就可以，这个篮子里可以装下很多种东西，如一个人名或者最新的传感器读数。在EV3编程语言中，变量是放在变量编程模块中处理的。

翼形配件/弓形梁： 翼形配件和汽车配件差不多（如图A.18所示）。在EV3家庭版中，翼形配件可以用来装饰传感器；而在乐高教育版中，大部分翼形配件都是黑色的。可以参见第1章和第2章来获得更多信息。



图A.18　EV3家庭版中带有两个翼形配件

蜗杆： 蜗杆看起来就像一个没有头的螺丝钉。严格来讲，它是只有一个齿的齿轮，这样倒是很容易算出齿比（如图A.19所示）。它的齿比永远都是1:（其他齿轮的齿数）。所以对一个20齿的齿轮来讲，跟它的齿比就是20:1，蜗杆的旋转速度会是大齿轮的20倍。



图A.19　图中是两个蜗杆，注意看它到底是如何实现只有一个齿的

---

[1]　有时我们会把EV3中带屏幕和按键的智能积木块称为智能砖。——译者注

欢迎来到异步社区！

异步社区的来历

异步社区(www.epubit.com.cn)是人民邮电出版社旗下IT专业图书旗舰社区，于2015年8月上线运营。

异步社区依托于人民邮电出版社20余年的IT专业优质出版资源和编辑策划团队，打造传统出版与电子出版和自出版结合、纸质书与电子书结合、传统印刷与POD按需印刷结合的出版平台，提供最新技术资讯，为作者和读者打造交流互动的平台。



社区里都有什么？

购买图书

我们出版的图书涵盖主流IT技术，在编程语言、Web技术、数据科学等领域有众多经典畅销图书。社区现已上线图书1000余种，电子书400多种，部分新书实现纸书、电子书同步出版。我们还会定期发布新书书讯。

下载资源

社区内提供随书附赠的资源，如书中的案例或程序源代码。

另外，社区还提供了大量的免费电子书，只要注册成为社区用户就可以免费下载。

与作译者互动

很多图书的作译者已经入驻社区，您可以关注他们，咨询技术问题；可以阅读不断更新的技术文章，听作译者和编辑畅聊好书背后有趣的故事；还可以参与社区的作者访谈栏目，向您关注的作者提出采访题目。

灵活优惠的购书

您可以方便地下单购买纸质图书或电子图书，纸质图书直接从人民邮电出版社书库发货，电子书提供多种阅读格式。

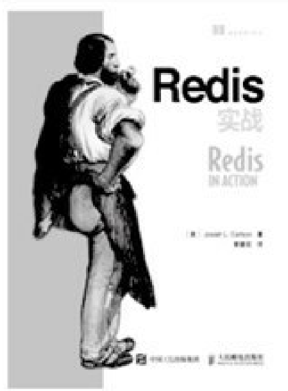
对于重磅新书，社区提供预售和新书首发服务，用户可以第一时间买到心仪的新书。

用户帐户中的积分可以用于购书优惠。100积分=1元，购买图书时，在 请输入优惠码 使用优惠码 里填入可使用的积分数值，即可扣减相应金额。

> 特别优惠
>
> 购买本电子书的读者专享异步社区优惠券。 使用方法：注册为社区用户，在下单购书时输入“**57AWG**”，然后点击“使用优惠码”，即可享受电子书8折优惠（本优惠券只可使用一次）。

纸电图书组合购买

社区独家提供纸质图书和电子书组合购买，一次购买，多种阅读选择。



Redis实战

[美]约西亚 L.卡尔森（Josiah L. Carlson）(作者)　黄健宏 (译者)　杨海玲 (责任编辑)


分享　10 推荐　
想读　5.7K 阅读

本书深入浅出地介绍了Redis的5种数据类型，并通过多个实用示例展示了Redis的用法。除此之外，书中还讲述了Redis的优化方法以及扩展方法，是一本对于学习和使用 Redis 来说不可多得的参考书籍。

本书一共由三个部分组成。第一部分对Redis进行了介绍，说明了Redis的基本使用方法、它拥有的5种数据结构以及操作这5种数据结构的命令，并讲解了如何使用Redis去构建文章展示网站、cookie、购物车、网页缓存、数据库行缓存等一系列程序。第二部分对Redis命令进行了更详细的介绍，并展示了如何使用Redis去构建更为复杂的辅助工具和应用程序，并在最后展示了如何使用Redis去构建一个简单的社交网站。第三部分对Redis用户经常会遇到的一些问题进行了介绍，讲解了降低Redis内存占用的方法、扩展Redis性能的方法以及使用Lua语言进行脚本编程的方法。

显示全部

- 纸质版　~~¥69.00~~　¥53.82（7.8折）
- 电子版　¥39.00
- 电子版 + 纸质版　¥55.00

现在购买　下载PDF样章

社区里还可以做什么？

提交勘误

您可以在图书页面下方提交勘误，每条勘误被确认后可以获得100积分。热心勘误的读者还有机会参与书稿的审校和翻译工作。

写作

社区提供基于Markdown的写作环境，喜欢写作的您可以在此一试身手，在社区里分享您的技术心得和读书体会，更可以体验自出版的乐趣，轻松实现出版的梦想。

您可以成为社区认证作译者，享受异步社区提供的作者专享特色服务。

会议活动早知道

您可以掌握IT圈的技术会议资讯，还有免费获赠大会门票的机会。

加入异步

扫描任意二维码都能找到我们：



异步社区



微信公众号



官方微博



QQ群：368449889

社区网址：www.epubit.com.cn

官方微信：异步社区

官方微博：@人邮异步社区，@人民邮电出版社-信息技术分社

投稿&咨询：contact@epubit.com.cn

看完了

如果您对本书内容有疑问，可发邮件至contact@epubit.com.cn，会有编辑或作译者协助答疑。也可访问异步社区，参与本书讨论。

如果是有关电子书的建议或问题，请联系专用客服邮箱：ebook@epubit.com.cn。

在这里可以找到我们：

- 微博：@人邮异步社区
- QQ群：368449889
